

## THIN FILM MAGNETIC HEAD AND METHOD OF MANUFACTURING IT

Patent Number: JP2002298310  
Publication date: 2002-10-11  
Inventor(s): KANEDA YOSHIHIRO; YAZAWA HISAYUKI  
Applicant(s): ALPS ELECTRIC CO. LTD.  
Requested Patent: JP2002298310  
Application Number: JP20010103364 20010402  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G11B5/31; H01L43/08  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem of the impossibility of improving the corrosion resistance and the smoothness of a gap layer, and promoting the demagnetization of the gap layer caused by a reduction in the content of an element P in the vicinity of a boundary in a conventional thin film magnetic head, which uses NiP for the gap layer, and plates it by an electroplating method using DC current.

**SOLUTION:** On a lower magnetic pole layer 21, a seed layer 31 made of, e.g. Cu is plated, and a gap layer 22 made of, e.g. NiP is plated thereon. Thus, for the gap layer 22, lattice matching with the gap layer 22 becomes difficult, the content of an element P in the vicinity of the boundary of the gap layer 22, which is a conventional problem, is increased, and the corrosion resistance and the smoothness of the gap layer 22 are improved, and demagnetization of the gap layer 22 is properly promoted.

(11)特許出願公開番号

特開2002-298310

(P2002-298310A)

(43)公開日 平成14年10月11日(2002.10.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

7-73-1° (参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

**E 5 D 0 3 3**

H O I L 43/08

H01L 43/08

$$Z$$

審査請求 未請求 請求項の数17 OL (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2001-103364(P2001-103364)

(22)出願日 平成13年4月2日(2001.4.2)

(71)出國人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 金田 吉弘

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72)発明者 矢澤 久幸

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(74) 代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

**最終頁に続く**

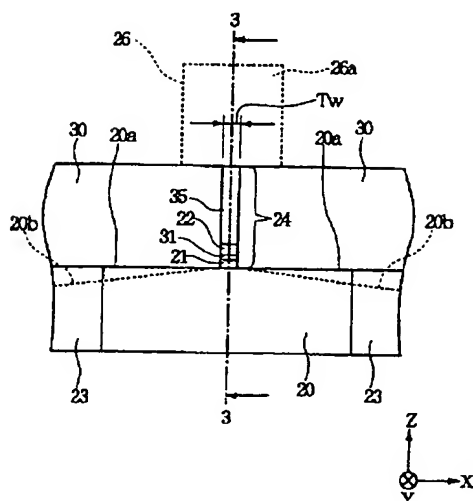
(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層としてNiPを使用し、これを直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成していたが、この場合、界面付近での元素P含有量が低下し、前記ギャップ層の耐食性及び平滑性の向上、及び前記ギャップ層の非磁性化を促進させることができなかった。

【解決手段】 下部磁極層２１の上に例えばCuからなるシード層３１をメッキ形成し、その上に例えばNiPからなるギャップ層２２をメッキ形成する。これにより前記ギャップ層２２はギャップ層２２との間で格子整合し難くなり、従来問題とされていた前記ギャップ層２２の界面付近での元素Pの含有量を従来よりも多くでき、前記ギャップ層２２の耐食性、平滑性の向上、及び前記ギャップ層２２の非磁性化を適切に促進させることができる。

图 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部コア層と、上部コア層との間にギャップ層を有する薄膜磁気ヘッド、あるいは下部コア層と、前記下部コア層上に下部磁極層、ギャップ層、上部磁極層の順で形成された磁極部、または前記下部コア層上にギャップ層、上部磁極層の順で形成された磁極部と、前記上部磁極層の上に形成された上部コア層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層は、前記下部コア層あるいは下部磁極層上に形成された非磁性のシード層上に形成されており、前記ギャップ層は、Niを主成分とした非磁性金属材料で形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記シード層の膜厚は3nm以上で50nm以下である請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記シード層の膜厚は5nm以上で30nm以下である請求項2記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記シード層の膜厚は10nm以上で20nm以下である請求項3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 前記シード層は、磁性元素を含有しない非磁性金属材料で形成される請求項1ないし4のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 前記シード層は、Cu、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osから選ばれた1種または2種以上の非磁性金属材料で形成される請求項5記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 前記ギャップ層はNi-P、Ni-Mo、Ni-W、Ni-P-Mo、およびNi-P-Wのいずれか一種で形成される請求項1ないし6のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】 前記ギャップ層は、NiPで形成されており、前記シード層との界面から10nmまでのPの含有量が8質量%以上で15質量%以下である請求項7記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】 前記界面から40nmまでの膜厚内の元素Pの含有量が、8質量%以上で15質量%以下である請求項8記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 前記元素Pの含有量は、10質量%以上で15質量%以下である請求項8または9に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】 前記元素Pの含有量は、11質量%以上で15質量%以下である請求項8または9に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項12】 前記ギャップ層の膜厚全体の平均した元素Pの含有量は、11質量%以上で15質量%以下である請求項8ないし11のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】 磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層の上にギャップ層を介して対向する磁性材料製の上部コア層とを有する、薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

(a) 前記下部コア層をメッキ形成する工程と、

(b) 前記下部コア層上に直接、または前記下部コア層上に下部磁極層をメッキ形成した後、この下部磁極層上に、Cu、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osから選ばれた1種または2種以上の非磁性金属材料で形成されるシード層をメッキ形成する工程と、

(c) 前記シード層上にNiを主成分とした非磁性のギャップ層をメッキ形成する工程と、

(d) 前記ギャップ層上に直接に、あるいは上部磁極層を介して上部コア層をメッキ形成する工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項14】 前記(b)工程において、前記シード層を3nm以上で50nm以下の膜厚でメッキ形成する請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項15】 前記シード層を5nm以上で30nm以下でメッキ形成する請求項14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項16】 前記シード層を10nm以上で20nm以下でメッキ形成する請求項15記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項17】 前記ギャップ層をNi-P、Ni-Mo、Ni-W、Ni-P-Mo、およびNi-P-Wのいずれか一種でメッキ形成する請求項13ないし16のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録用の薄膜磁気ヘッドに係り、特にギャップ層の下部磁極層（あるいは下部コア層）側の界面付近での耐食性及び平滑性を向上させることができ、また非磁性化を促進できる薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図15は、従来における薄膜磁気ヘッド（薄膜磁気ヘッド）の構造を示す部分正面図である。

【0003】図15に示す符号1は、パーマロイなどの磁性材料で形成された下部コア層であり、この下部コア層1の上に、絶縁層9が形成されている。

【0004】前記絶縁層9には、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）にかけて、内幅寸法がトラック幅Twで形成された溝部9aが形成されている。

【0005】この溝部9a内には、下から順に、下部コア層1に磁気的に接続する下部磁極層2、ギャップ層4、及び上部コア層6に磁気的に接続する上部磁極層5がメッキ形成されている。さらに、前記上部磁極層5上に上部コア層6がメッキ形成されている。

【0006】また、絶縁層9に形成された溝部9aよりもハイト方向（図示Y方向）における前記絶縁層9の上には、螺旋状にパターン形成されたコイル層（図示せず）が設けられている。

【0007】図15に示すインダクティブヘッドでは、

前記コイル層に記録電流が与えられると、下部コア層1及び上部コア層6に記録磁界が誘導され、下部コア層1と磁氣的に接続する下部磁極層2及び上部コア層6と磁氣的に接続する上部磁極層5間からの洩れ磁界により、ハードディスクなどの記録媒体に磁気信号が記録される。

【0008】ところで前記ギャップ層4は、メッキ形成可能な例えばNi-Pで形成される。従来では前記Ni-P膜を直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成していた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら直流電流を用いた電気メッキ法により前記Ni-P膜を前記下部磁極層2との界面からメッキ成長させると、特に前記界面付近での元素Pの含有量は非常に小さくなることがわかった。例えば前記界面から2.5nm程度の膜厚内では前記元素Pの含有量は8質量%よりも小さくなることが後述の実験結果でわかった。

【0010】直流電流を用いて電気メッキすると、メッキ形成時のNi-P膜に対する電流密度の分布に偏りが発生し、あるメッキ面に電流が集中的に且つ継続して流れる。そして、このような電流分布の偏りは、結晶性の下部磁極層2と格子整合性を図りやすい元素Niがエピタキシャル的に成長していき、結晶化することで、前記界面付近での元素Pの含有量は極端に小さくなるものと考えられる。また上記したNiのエピタキシャル成長により、前記界面での面粗れがひどくなる。

【0011】上記のように前記界面付近での元素Pの含有量が極端に小さく、また面粗れが発生したNi-P膜は耐食性が低下し、中性からアルカリ領域の水溶液に弱い。ため、スライダ製造の洗浄工程などで使用される洗浄液に侵食されやすく、図16（模式図）に示すように前記Ni-P膜に亀裂が入るなどの不具合が発生した。これによってオーバーライト特性などの記録特性が低下する。

【0012】また前記界面付近での元素Pの含有量が低下することで、前記界面付近は磁性を帯びやすく、これによって前記ギャップ層4の膜厚で決定されるギャップ長G1の大きさが変動するため、所定の記録特性を有する薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造できない。

【0013】そこで本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特に非磁性のシード層上にギャップ層を形成することで前記ギャップ層に非磁性元素を所定量含有させることができ、ギャップ層の耐食性及び平滑性を向上させることができ、また前記ギャップ層の非磁性化を促進できる薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、下部コア層と、上部コア層との間にギャップ層を有する薄膜磁気ヘッド、あるいは下部コア層と、前記下部コア層上に下部

磁極層、ギャップ層、上部磁極層の順で形成された磁極部、または前記下部コア層上にギャップ層、上部磁極層の順で形成された磁極部と、前記上部磁極層の上に形成された上部コア層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記ギャップ層は、前記下部コア層あるいは下部磁極層上に形成された非磁性のシード層上に形成されており、前記ギャップ層は、Niを主成分とした非磁性金属材料で形成されていることを特徴とするものである。

【0015】本発明では、ギャップ層と前記下部コア層間、あるいは前記ギャップ層と前記下部磁極層間に非磁性のシード層を形成することで、前記ギャップ層と前記下部磁極層（あるいは下部コア層）とが直接、接しないようにしている。

【0016】これによって前記ギャップ層は、前記下部磁極層（あるいは下部コア層）との間で格子整合し難くなり、従来のようにギャップ層に含まれるNiがエピタキシャル成長することなく、従来問題とされていた前記ギャップ層の界面付近における非磁性元素の含有量を従来に比べて多くすることができ、前記界面付近での膜構造をアモルファス状態にすることができる。

【0017】このため前記ギャップ層の耐食性及び平滑性が向上し、前記ギャップ層がスライダ製造の洗浄工程の洗浄液等に侵食されず、従来のように前記ギャップ層に亀裂が入るなどの不具合を防止できる。

【0018】また、前記ギャップ層には所定量の非磁性元素を含有させることができ、適切に前記ギャップ層を非磁性化することができる。したがって前記ギャップ層と非磁性のシード層との総膜厚で所定のギャップ長を容易に形成することができ、記録特性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0019】また本発明では、前記シード層の膜厚は3nm以上で50nm以下であることが好ましい。より好ましくは5nm以上で30nm以下であり、さらに好ましくは10nm以上で20nm以下である。前記シード層の膜厚が3nmよりも小さくなると、前記下部磁極層（あるいは下部コア層）上を前記シード層で完全に覆うことができず、前記ギャップ層の一部が、前記下部磁極層（あるいは下部コア層）上に直接形成されてしまい、その部分では前記ギャップ層のNi含有量が多くなる一方、非磁性元素の含有量が従来と同様に小さくなって前記ギャップ層の界面付近が結晶化してしまい、よって前記ギャップ層の耐食性や平滑性が低下し、また非磁性化を適切に促進できず好ましくない。

【0020】また前記シード層の膜厚が50nmよりも大きくなると、前記シード層の記録媒体対向面から露出する面積が大きくなる。前記シード層がCuなどさほど耐食性に優れていない材質で形成されると、前記シード層の記録媒体対向面から露出する面積が大きくなることで前記シード層が腐食しやすくなり好ましくない。また、

【0021】なお本発明では、前記シード層は、磁性元素を含有しない非磁性金属材料で形成されることが好ましい。これによって前記シード層の格子定数を、磁性材料で形成される下部磁極層及び下部コア層の格子定数と大きく異ならせることができ、前記シード層を、前記下部磁極層や下部コア層上でエピタキシャル成長させることなく形成できる。したがって前記シード層上に形成されるギャップ層を、前記シード層上でエピタキシャル成長させずに、界面付近での前記ギャップ層に非磁性元素を従来よりも多く取り込むことができ、前記界面付近を適切にアモルファス化できて好ましい。

【0022】また前記シード層を非磁性金属材料で形成することで、前記シード層をメッキ形成でき、これにより、前記シード層及びギャップ層を連続メッキにて形成することが可能になる。

【0023】本発明では、具体的には前記シード層は、Cu、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osから選ばれた1種または2種以上の非磁性金属材料で形成されることが好ましい。

【0024】また本発明では、前記ギャップ層はNi-P、Ni-Mo、Ni-W、Ni-P-Mo、およびNi-P-Wのいずれか一種で形成されることが好ましい。

【0025】また本発明では、前記ギャップ層は、Ni-Pで形成されており、前記シード層との界面から10nmまでのPの含有量が8質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。

【0026】本発明では、前記シード層を形成し、下部磁極層（あるいは下部コア層）とギャップ層とが直接接しないようにすることで、前記ギャップ層の界面付近での元素Pを従来よりも多く含有したアモルファス状態にできる。これによって前記ギャップ層の耐食性及び平滑性を向上させることができる。また前記界面から10nmの膜厚内に元素Pが8質量%以上で15質量%以下含有されることで、この部分を非磁性にでき、ギャップ長G1が所定値となる薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造できる。

【0027】また本発明では、前記界面から40nmまでの膜厚内の元素Pの含有量が、8質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。

【0028】また本発明では、前記元素Pの含有量は、10質量%以上で15質量%以下であることが好ましく、より好ましくは、前記元素Pの含有量は、11質量%以上で15質量%以下である。

【0029】上記組成範囲であれば、前記ギャップ層の耐食性をさらに向上させることができると共に、前記ギャップ層の界面付近での非磁性化をより促進でき、良好な記録特性を有する薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0030】また本発明では、前記ギャップ層の膜厚全

体の平均した元素Pの含有量は、11質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。

【0031】前記界面から少なくとも10nm、好ましくは40nmの膜厚内のみでなく前記ギャップ層の膜厚全体の元素Pの平均含有量を上記の範囲内に規制することで、前記ギャップ層全体の耐食性の向上を図ることができ、また前記ギャップ層全体の非磁性化を促進できる。

【0032】なお上記した元素Pの含有量の測定は、X線分析装置を用いて行った。X線分析装置のみでは元素Pの含有量は相対的な値しか得られないので、湿式分析で前記X線分析装置から得られた元素Pの含有量を補正し絶対値を得た。なお面積の広い膜試料を用いて補正した。それが上記した本発明の元素Pの含有量である。

【0033】また下部磁極層あるいは下部コア層との界面からの距離については、透過電子顕微鏡（TEM）を用いて測定した。

【0034】また本発明は、磁性材料製の下部コア層と、記録媒体との対向面で前記下部コア層の上にギャップ層を介して対向する磁性材料製の上部コア層とを有する、薄膜磁気ヘッドの製造方法において、(a)前記下部コア層をメッキ形成する工程と、(b)前記下部コア層上に直接、または前記下部コア層上に下部磁極層をメッキ形成した後、この下部磁極層上に、Cu、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osから選ばれた1種または2種以上の非磁性金属材料で形成されるシード層をメッキ形成する工程と、(c)前記シード層上にNiを主成分とした非磁性のギャップ層をメッキ形成する工程と、(d)前記ギャップ層上に直接に、あるいは上部磁極層を介して上部コア層をメッキ形成する工程と、を有することを特徴とするものである。

【0035】上記製造方法のように下部磁極層あるいは下部コア層上にシード層を形成した後、前記シード層上にギャップ層を形成することで、前記ギャップ層と下部磁極層（あるいは下部コア層）とが直接、接するのを防止でき、これによって前記ギャップ層の界面付近に非磁性元素を多く取り込むことができ、前記界面付近をアモルファス状態でメッキ形成することができる。

【0036】また本発明では、前記(b)工程において、前記シード層を3nm以上で50nm以下の膜厚でメッキ形成することが好ましい。より好ましくは前記シード層を5nm以上で30nm以下でメッキ形成することであり、さらに好ましくは前記シード層を10nm以上で20nm以下でメッキ形成することである。これによって下部磁極層（下部コア層）上を前記シード層で確実に覆うことができるとともに、前記シード層の記録媒体対向面から露出する面積を小さくでき、前記シード層の腐食を適切に防止することができる。

【0037】なお本発明では、前記ギャップ層をNi-P、Ni-Mo、Ni-W、Ni-P-Mo、およびN

i-P-Wのいずれか一種でメッキ形成することが好ましい。

【0038】

【発明の実施の形態】図1は、本発明における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、図2は磁極部を拡大した部分拡大図、図3は図1に示す薄膜磁気ヘッドを3-3線から切断し矢印方向から見た部分断面図である。

【0039】図1に示す薄膜磁気ヘッドは、記録用のインダクティブヘッドであるが、本発明では、このインダクティブヘッドの下に、磁気抵抗効果を利用した再生用ヘッド（いわゆるAMR、GMR、TMRなどを用いたMRヘッド）が積層されている。

【0040】図1に示す符号20は、例えばNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金あるいはCoなどの磁性材料で形成された下部コア層である。なお、前記下部コア層20の下側に再生用ヘッドが積層される場合、前記下部コア層20とは別個に、磁気抵抗効果素子をノイズから保護するシールド層を設けてもよいし、あるいは、前記シールド層を設けず、前記下部コア層20を、前記再生用ヘッドの上部シールド層として機能させてもよい。

【0041】図1に示すように前記下部コア層20の両側には、絶縁層23が形成される。また図1に示すように、下部磁極層21の基端から延びる下部コア層20の上面20aはトラック幅方向（図示X方向）と平行な方向に延びて形成されているとよく、あるいは上部コア層26から離れる方向に傾斜する傾斜面20b、20bが形成されているとよい。前記下部コア層20の上面に傾斜面20b、20bが形成されることで、サイドフリンジの発生をより適切に低減させることができる。

【0042】図1に示すように、前記下部コア層20上には、磁極部24が形成され、前記磁極部24は記録媒体との対向面に露出形成されている。この実施例において前記磁極部24はトラック幅Twで形成された、いわばトラック幅規制部である。前記トラック幅Twは、0.7μm以下で形成されることが好ましく、より好ましくは0.5μm以下である。

【0043】図1に示す実施例では、前記磁極部24は、下部磁極層21、シード層31、ギャップ層22、および上部磁極層35の積層構造で構成されている。

【0044】図1に示すように、前記下部コア層20上には、メッキ下地層25（図3を参照のこと）を介して、磁極部24の最下層となる下部磁極層21がメッキ形成されている。前記下部磁極層21は、下部コア層20と磁気的に接続されており、前記下部磁極層21は、前記下部コア層20と同じ材質でも異なる材質で形成されているとどちらでもよい。前記下部磁極層21はNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Coなどの磁性材料を用いて形成される。また前記下部磁極層21は、単層膜でも多層膜で形成されているとどちらでも

よい。なお前記下部磁極層21の高さ寸法は、例えば0.3μm程度で形成される。

【0045】前記下部磁極層21上には、非磁性のシード層31が形成され、前記シード層31の上にNiを主成分とした非磁性のギャップ層22が積層されている。本発明では、前記シード層31及びギャップ層22は、非磁性金属材料で形成されて、下部磁極層21上にメッキ形成される。なお前記シード層31の膜厚は例えば30nm（0.03μm）、ギャップ層22の高さ寸法は、例えば0.2μm程度で形成される。

【0046】次に前記ギャップ層22上には、後述する上部コア層26と磁気的に接続する上部磁極層35がメッキ形成されている。なお前記上部磁極層35は、上部コア層26と同じ材質で形成されているとよいし、異なる材質で形成されているとよい。前記上部磁極層35はNiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Coなどの磁性材料を用いて形成される。また前記上部磁極層35は、単層膜でも多層膜で形成されているとどちらでもよい。なお前記上部磁極層35の高さ寸法は、例えば2.4μm～2.7μm程度で形成されている。

【0047】上記したようにシード層31及びギャップ層22が、非磁性金属材料で形成されていれば、下部磁極層21、シード層31、ギャップ層22および上部磁極層35を連続してメッキ形成することが可能になる。

【0048】なお本発明では前記磁極部24は、シード層31、ギャップ層22及び上部磁極層35からなる積層膜で形成されているとよい。

【0049】また上記したように、磁極部24を構成する下部磁極層21および上部磁極層35は、それぞれの磁極層が磁気的に接続されるコア層と同じ材質でも異なる材質で形成されてもどちらでもよいが、記録密度を向上させるためには、ギャップ層22に対向する下部磁極層21および上部磁極層35は、それぞれの磁極層が磁気的に接続されるコア層の飽和磁束密度よりも高い飽和磁束密度を有していることが好ましい。このように下部磁極層21および上部磁極層35が高い飽和磁束密度を有していることにより、ギャップ近傍に記録磁界を集中させ、記録密度を向上させることが可能になる。

【0050】ところで本発明は、図2の部分拡大図で示すように、下部磁極層21とギャップ層22の間には非磁性のシード層31が形成されている。これによって前記下部磁極層21とギャップ層22とが直接、接して形成されるのを防止することができる。

【0051】従って前記ギャップ層22は、下部磁極層21との間で格子整合しにくくなり、従来のように前記ギャップ層22を構成する元素Niが下部磁極層21側の界面でエピタキシャル成長して結晶化することを適切に抑制することができる。

【0052】すなわち本発明では、従来問題となっていた前記ギャップ層22の下部磁極層21側の界面（下



面) 付近での非磁性元素の含有量を従来よりも多くでき、この界面付近での膜構造をアモルファス化することが可能である。

【0053】従って本発明では、前記ギャップ層22の耐食性及び平滑性を向上させることが可能であり、スライダ加工の洗浄工程などで使用される中性やアルカリ性の洗浄剤に曝されても、前記ギャップ層22は侵食されず、前記ギャップ層22に従来のような亀裂(図15を参照のこと)が入ることはない。

【0054】また前記ギャップ層22の前記界面付近に適量の非磁性元素が含まれることで、この部分での非磁性化を促進できる。

【0055】ギャップ長G1は、前記ギャップ層22と非磁性のシード層31との総膜厚で決定されるが、前記ギャップ層22の界面付近が適切に非磁性化されることで、前記ギャップ長G1を所定値に収めることが可能である。

【0056】よって本発明では、薄膜磁気ヘッドのオーバーライト特性などの記録特性を良好に保ち、しかも所定の記録特性を有する薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造することが可能である。

【0057】次に前記シード層31に必要な条件について説明する。前記シード層31は、下部磁極層21と異なる格子定数を有している必要がある。これによって前記シード層31は、下部磁極層21上でエピタキシャル成長することなく形成される。従って、前記下部磁極層21とはほぼ同じ格子定数を有するNiを含有した前記ギャップ層22を、前記シード層31上でエピタキシャル成長させることなく、界面付近での非磁性元素を従来よりも多く含んだアモルファス状態で形成することができる。

【0058】上記したシード層31の格子定数を下部磁極層21の格子定数と異なるものにするには、前記シード層31を磁性元素を含まない非磁性金属材料で形成することが好ましい。ここでいう磁性元素とは特にCo、Fe及びNiを指している。

【0059】Co、Fe、Niの磁性元素を含むシード層31であると、前記磁性元素の格子定数は、磁性材料の下部磁極層21の格子定数とほぼ同じであるから、前記シード層31の磁性元素が前記下部磁極層21上でエピタキシャル成長しやすくなり、よって前記シード層31上に形成されるギャップ層22のNiも、シード層31上でエピタキシャル成長しやすくなるので、従来の課題を適切に解決することができなくなる。よって本発明では、前記シード層31を磁性元素を含まない非磁性金属材料で形成することが好ましい。なお具体的な前記シード層31の材質については後述することとする。

【0060】次に前記シード層31はメッキ形成可能であることが好ましい。前記シード層31がメッキ可能な非磁性金属材料で形成されることで、下部磁極層21、

シード層31、ギャップ層22及び上部磁極層35を連続メッキ形成することが可能になり、製造工程を簡略化することができる。

【0061】また前記シード層31は、下部磁極層21及びギャップ層22との密着性が良好であることが好ましい。

【0062】また前記シード層31は、結晶相で形成されてもアモルファス相で形成されてもどちらでも良い。

【0063】次に前記シード層31の膜厚H1について以下に説明する。本発明では前記シード層31の膜厚H1は、3nm以上で50nm以下であることが好ましい。前記シード層31の膜厚H1が3nmよりも小さくなると、前記下部磁極層21上を完全に前記シード層31で覆うことができない可能性があり、この結果、前記ギャップ層22が前記下部磁極層21上の一部に直接形成されて、その部分では前記ギャップ層22を構成するNiがエピタキシャル成長して非磁性元素の含有量が従来程度にまで低下し、前記ギャップ層22の耐食性や平滑性の向上、および前記ギャップ層22の非磁性化を適切に促進させることができなくなる。

【0064】前記下部磁極層21は、NiFe合金、CoFe合金、CoFeNi合金、Coなどの磁性材料で形成されるが、これら磁性材料で形成された下部磁極層21の平均結晶粒径は、概ね10nm～50nmの範囲内である。

【0065】また前記下部磁極層21の上面での中心線平均粗さRaは、概ね2nm～5nmの範囲内である。

【0066】上記の平均結晶粒径や中心線平均粗さを有する下部磁極層21の上面21aを、完全にシード層31で覆うには、前記シード層31の膜厚H1を3nm以上とすることが好ましく、これにより前記ギャップ層22の一部が前記下部磁極層21上に直接形成されるのを適切に防止することができる。

【0067】また前記シード層31の膜厚H1が、50nmよりも大きくなると、記録媒体との対向面から露出する前記シード層31の前端面31aの面積は大きくなる。前記シード層31は例えばCuで形成されるが、Cuは耐食性がさほど良くなく、従って前記シード層31の膜厚H1が大きくなることで前記シード層31の部分での腐食が問題となる。また前記シード層31の膜厚H1が最大で50nm形成されれば、上記した結晶粒径及び中心線平均粗さを有する前記下部磁極層21の上面21aは前記シード層31によって確実に覆われるので、これ以上前記シード層31の膜厚H1を厚くする必要性も無い。したがって本発明では前記シード層31の膜厚H1の上限値を50nmとすることとした。

【0068】また本発明では前記シード層31の膜厚H1を5nm以上で30nm以下とすることがより好ましく、前記膜厚H1を10nm以上で20nm以下にすることがさらに好ましい。これによって、より適切に前記

シード層31で前記下部磁極層21上を覆うことができると共に、前記シード層31の記録媒体対向面から露出する面積を小さくでき、耐食性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0069】次に前記シード層31の材質について以下に説明する。前記シード層31は、Cu、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osから選ばれた1種または2種以上の非磁性金属材料で形成されることが好ましい。これら非磁性金属材料を使用することで、前記シード層31をメッキ形成することが可能になる。

【0070】またこれら非磁性金属材料からなるシード層31の格子定数は、下部磁極層21の格子定数、およびギャップ層22を構成する元素Niの格子定数とも大きく異なるものであり、前記シード層31が前記下部磁極層21上でエピタキシャル成長することを適切に防止することができる。

【0071】次に、ギャップ層22の材質について説明する。本発明では、前記ギャップ層22はNi-P、Ni-Mo、Ni-W、Ni-P-Mo、およびNi-P-Wのいずれか一種で形成されることが好ましい。

【0072】これら非磁性金属材料を使用することで前記ギャップ層22をメッキ形成することが可能になる。またこれら非磁性金属材料の組成比を適切に調整することで、前記ギャップ層22を非磁性化することができ、さらに耐食性や平滑性を良好にすることが可能である。

【0073】次に、前記ギャップ層22の好ましい組成範囲について以下に説明する。本発明では前記ギャップ層22は、Ni-Pで形成されており、前記シード層31との界面から10nmまでのPの含有量が8質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。さらに好ましくは40nmまでの膜厚内の元素Pの含有量が、8質量%以上で15質量%以下に設定されている。この組成範囲で形成されたギャップ層22はアモルファス状態になっている。

【0074】本発明では、元素Pの含有量は界面付近で従来よりも多くなり、適正量の元素Pを含んだアモルファス状態でメッキ形成されることで、前記界面付近でのギャップ層22の耐食性及び平滑性を向上させることが可能である。従って本発明では、スライダ加工の洗浄工程などで使用される中性やアルカリ性の洗浄剤に曝されても、前記ギャップ層22は侵食されず、前記ギャップ層22に従来のような亀裂(図15を参照のこと)が入ることはない。

【0075】また前記ギャップ層22の前記界面付近で適量の元素Pが含まれることで、この部分での非磁性化を促進できる。ギャップ長G1は前記ギャップ層22の膜厚と非磁性のシード層31の膜厚H1との総合膜厚で決定されるが、前記ギャップ層22の界面付近が適切に非磁性化されることで、前記ギャップ長G1を所定値に収めることが可能である。

【0076】よって本発明では、薄膜磁気ヘッドのオーバーライト特性などの記録特性を良好に保ち、しかも所定の記録特性を有する薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造することが可能である。

【0077】なお、上記した元素Pの含有量の測定は、X線分析装置によって行った。ただしX線分析装置による元素Pの含有量は相対値として測定されるので、これを絶対値に補正するため、前記X線分析装置による測定後、湿式分析を行った。なお面積の広い膜試料を用いて補正した。これにより測定された元素Pの含有量が上記した値である。

【0078】また前記界面からの距離については、透過電子顕微鏡(TEM)を用いて測定した。

【0079】また本発明では、前記界面から10nmまで、好ましくは40nmの膜厚までの元素Pの含有量が、10質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。また前記元素Pの含有量は11質量%以上で15質量%以下であることがより好ましい。

【0080】上記の範囲内であれば、前記Ni-P膜で形成されたギャップ層22のアモルファス化をより促進でき、耐食性及び平滑性の向上、さらには非磁性化をより促進させることができる。よって前記ギャップ層22の界面付近に亀裂等の不具合が発生することはなく、記録特性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0081】また本発明では、前記ギャップ層22の膜厚全体の平均した元素Pの含有量は、11質量%以上で15質量%以下であることが好ましい。このようにギャップ層22の膜厚全体で上記した元素Pを含有することにより、前記ギャップ層22の膜厚全体の耐食性を向上させることができ、しかも非磁性化を促進できる。よって前記ギャップ層22全体を洗浄液などによる侵食から適切に保護できると共に、前記ギャップ近傍において漏れ磁界を確実に発生させることができる。

【0082】次に、図2に示す磁極部以外の部分について説明する。図3のように、前記磁極部24は、記録媒体との対向面(ABS面)からハイト方向(図示Y方向)にかけて長さ寸法L1で形成されている。前記磁極部24と下部コア層20間には例えば有機絶縁材料などで形成されたGd決め層27が形成されている。なお前記Gd決め層27の先端から記録媒体との対向面までの距離はL2で形成され、この距離L2はギャップデプス(Gd)である。

【0083】また図3に示すように、前記磁極部24のハイト方向(図示Y方向)の後方であって下部コア層20上には絶縁下地層28を介してコイル層29が螺旋状に巻回形成されている。前記絶縁下地層28は、例えば、AlO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiO、AlN、AlSiN、TiN、SiN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、NiO、WO、WO<sub>3</sub>、BN、CrN、SiONのうち少なくとも1種からなる絶縁材料で形成されていることが好



ましい。

【0084】さらに前記コイル層29の各導体部のピッチ間、絶縁層30によって埋められている。前記絶縁層30は、 $\text{AlO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{AlSiN}$ 、 $\text{TiN}$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{WO}$ 、 $\text{WO}_3$ 、 $\text{BN}$ 、 $\text{CrN}$ 、 $\text{SiON}$ のうち少なくとも1種から選択されることが好ましい。

【0085】前記絶縁層30は、図1に示すように、前記磁極部24のトラック幅方向（図示X方向）の両側に形成され、前記絶縁層30は記録媒体との対向面に露出形成されている。

【0086】図3に示すように、前記絶縁層30上には、第2のコイル層33が螺旋状に巻回形成されている。

【0087】図3に示すように、前記第2のコイル層33は、レジストやポリイミド等の有機材料で形成された絶縁層32によって覆われ、前記絶縁層32上には、 $\text{NiFe}$ 合金等で形成された上部コア層26が例えばフレームメッキ法等によりパターン形成されている。

【0088】また図3に示すように、前記上部コア層26の先端部26aは、前記上部磁極層35上に磁気的に接続されて形成され、前記上部コア層26の基端部26bは、下部コア層20上に $\text{NiFe}$ 合金等の磁性材料で形成された持上げ層36上に磁気的に接続されて形成されている。なお前記持上げ層36は形成されていなくても良く、この場合、前記上部コア層26の基端部26bは、下部コア層20上に直接接続されることになる。前記上部コア層26上は $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等の保護層34によって覆われている。

【0089】また図1に示すように、前記上部磁極層35上に接合されている端部での上部コア層26の幅寸法は、前記上部磁極層35のトラック幅方向の幅寸法よりも大きくなっていることがわかる。これにより、前記上部コア層26からの磁束を、効率よく前記上部磁極層35に流すことができ、記録特性の向上を図ることができる。

【0090】図4は、本発明の別の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。なお図4に示す薄膜磁気ヘッドの図示左側の端面が記録媒体との対向面となっている。

【0091】本実施の形態では、下部コア層40の上に、非磁性のシード層37が形成されている。そして $\text{Ni}$ を主成分とした非磁性のギャップ層41が前記シード層37上に形成されている。

【0092】このように本発明では、前記下部コア層40とギャップ層41と間にシード層37が介在することで、前記ギャップ層41が、下部コア層40に直接、接して形成されるのを適切に防止することができる。

【0093】従って前記ギャップ層41は、下部コア層40との間で格子整合しにくくなり、従来のように前記

ギャップ層41を構成する元素 $\text{Ni}$ が下部コア層40側の界面（下面）からエピタキシャル成長することを適切に抑制することができる。

【0094】すなわち本発明では、従来問題となっていた前記ギャップ層41の界面付近での非磁性元素の含有量を従来よりも多くでき、前記界面付近でのギャップ層41をアモルファス化することができる。従って本発明では、前記ギャップ層41の耐食性及び平滑性を向上させることが可能であり、スライダ加工の洗浄工程などで使用される中性やアルカリ性の洗浄剤に曝されても、前記ギャップ層41は侵食されず、前記ギャップ層41に従来のような亀裂（図15を参照のこと）が入ることはない。

【0095】また前記ギャップ層41の前記界面付近で適量の非磁性元素が含まれることで、この部分での非磁性化を促進できる。

【0096】ギャップ長 $G_1$ は、前記ギャップ層41と非磁性のシード層37との総合膜厚で決定されるが、前記ギャップ層41の界面付近が適切に非磁性化されることで、前記ギャップ長 $G_1$ を所定値に収めることが可能である。

【0097】よって本発明では、薄膜磁気ヘッドのオーバーライト特性などの記録特性を良好に保ち、しかも所定の記録特性を有する薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造することが可能である。

【0098】次に前記シード層37の膜厚は、3nm以上で50nm以下であることが好ましい。前記シード層37の膜厚が3nmよりも小さくなると、前記下部コア層40上を完全に前記シード層37で覆うことができない可能性があり、この結果、前記ギャップ層41が前記下部コア層40上の一部に直接形成されて、この部分では、前記ギャップ層41を構成する $\text{Ni}$ がエピタキシャル成長してしまい、従来と同様に前記ギャップ層41の耐食性や平滑性を適切に向上させることができず、また非磁性化を適切に促進させることができないため、本発明では、前記シード層37の膜厚を3nm以上に設定した。

【0099】また前記シード層37の膜厚が50nmよりも大きくなると、記録媒体との対向面から露出する前記シード層37の前端面37aの面積は大きくなる。前記シード層37は例えば $\text{Cu}$ で形成されるが、 $\text{Cu}$ は耐食性がさほど良くなく、従って前記シード層37の膜厚が大きくなることで前記シード層37の部分での腐食が問題となる。また前記シード層37の膜厚 $H_1$ が最大で50nm形成されれば、前記下部コア層40の上面は前記シード層37によって確実に覆われるので、これ以上前記シード層37の膜厚を厚くする必要性も無い。したがって本発明では前記シード層37の膜厚の上限値を30nmとすることとした。なお前記シード層37の膜厚は5nm以上で30nm以下であることがより好まし

く、10nm以上で20nm以下であることがさらに好ましい。

【0100】また前記シード層37は、Cu、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osから選ばれた1種または2種以上の非磁性金属材料で形成されることが好ましい。これら非磁性金属材料を使用することで、前記シード層37をメッキ形成することが可能になる。

【0101】またこれら非磁性金属材料からなるシード層37の格子定数は、下部コア層40の格子定数、およびギャップ層41を構成する元素Niの格子定数とも大きく異なるものであり、前記シード層37が前記下部コア層40上でエピタキシャル成長することを適切に防止することができ、したがって前記シード層37上に形成される前記ギャップ層41のエピタキシャル成長を適切に抑制でき、従来問題とされた界面付近での非磁性元素の含有量を従来よりも多く取り込んでアモルファス状態にすることができ、耐食性及び平滑性に優れ、また非磁性化を適切に促進させることができる前記ギャップ層41を形成することが可能である。

【0102】また本発明では、前記ギャップ層41はNi-P、Ni-Mo、Ni-W、Ni-P-Mo、およびNi-P-Wのいずれか一種で形成されることが好ましい。

【0103】これら非磁性金属材料を使用することで前記ギャップ層41をメッキ形成することが可能になる。またこれら非磁性金属材料の組成比を適切に調整することで、前記ギャップ層41を非磁性化することができ、さらに耐食性や平滑性を良好にすることが可能である。

【0104】また本発明では、非磁性金属材料として、NiPが選択され、前記シード層37との界面から10nmの膜厚内で、好ましくは40nmの膜厚内の元素Pの含有量は8質量%以上で15質量%以下に設定されることが好ましい。より好ましくは10質量%以上で15質量%以下であり、さらに好ましくは11質量%以上で15質量%以下である。

【0105】これにより前記シード層37との界面から10nmの膜厚内の前記ギャップ層41は、上記数値範囲内の元素Pを含有したアモルファス状態となっている。このため前記界面での耐食性及び平滑性を向上させることができ、スライダ製造工程での洗浄液等による侵食を回避でき、従来のように前記ギャップ層41の界面付近での亀裂等の発生を抑制することができる。また上記の元素Pを含むギャップ層41であれば前記界面付近での非磁性化を適切に促進させることができるため、ギャップ長G1が一定の大きさである薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造することが可能である。

【0106】また前記ギャップ層41の膜厚全体の平均した元素Pの含有量は11質量%以上で15質量%以下であることが好ましく、これによりギャップ層41の膜厚全体を適量の元素Pを含んだアモルファス状態にで

き、耐食性を向上させることができると共に、ギャップ近傍において漏れ磁界を確実に発生させることができる。

【0107】なお前記元素Pの含有量の測定方法に関しては図1で説明した通りであり、X線分析装置を用い、さらに湿式分析で前記X線分析装置で測定された含有量を補正して絶対値にし、なおこのとき面積の広い膜試料を用いて補正した。また前記界面からの距離については透過電子顕微鏡を用いて測定した。

【0108】図4では前記ギャップ層41の上にはポリイミドまたはレジスト材料製の絶縁層42を介して平面的に螺旋状となるようにパターン形成されたコイル層43が設けられている。なお、前記コイル層43はCu（銅）などの電気抵抗の小さい非磁性導電性材料で形成されている。

【0109】さらに、前記コイル層43はポリイミドまたはレジスト材料で形成された絶縁層44に囲まれ、絶縁層44の上に軟磁性材料製の上部コア層45が形成されている。

【0110】図4に示すように、上部コア層45の先端部45aは、記録媒体との対向面において、下部コア層40の上にギャップ層41を介して対向し、ギャップ長G1の磁気ギャップが形成されており、上部コア層45の基端部45bは、下部コア層40と磁気的に接続されている。

【0111】また下部コア層40の飽和磁束密度Msは高いことが好ましいが、上部コア層45の飽和磁束密度Msよりも低くすることにより、下部コア層40と上部コア層45との間における洩れ磁界を磁化反転しやすくすると、より記録媒体への信号の書込み密度を高くできる。

【0112】次に図1ないし3と同じ形状の薄膜磁気ヘッドの製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0113】図5では下部コア層20上に、レジスト層51を塗布形成している。前記レジスト層51の厚さ寸法H3は、少なくとも図1に示す完成した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部24の厚さ寸法よりも厚く形成されていなければならない。

【0114】次にレジスト層51に、露光現像によって、記録媒体との対向面からハイト方向（図示Y方向）に所定の長さ寸法であって、且つトラック幅方向（図示X方向）に所定の幅寸法で形成される溝51aを形成し、溝51a内に、磁極部24を形成する。

【0115】図5に示すように磁極部24を、下から下部磁極層21、非磁性のシード層31、ギャップ層22、および上部磁極層35で構成し、これら各層を、メッキ下地層25を下地として連続してメッキ形成する。これにより製造工程の簡略化を図ることが可能である。

【0116】上記のように下部磁極層21の上に直接、ギャップ層22をメッキ形成しないで、まず非磁性のシ

ード層31をメッキ形成し、その上に前記ギャップ層22をメッキ形成することで、前記下部磁極層21と格子整合性を図りやすいギャップ層22のNiのエピタキシャル成長を抑制することができ、従来問題とされていた前記ギャップ層22の界面付近での非磁性元素の含有量を従来よりも多くでき、前記界面付近をアモルファス状態で形成することができる。

【0117】ここで本発明では、前記シード層31を、Cu、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osから選ばれた1種または2種以上の非磁性金属材料でメッキ形成する。これら非磁性金属材料の格子定数は、下部磁極層21及びギャップ層22を構成するNiの格子定数と大きく異なるため、前記前記シード層31を下部磁極層21上にメッキ形成した際に、前記シード層31が前記下部磁極層21上でエピタキシャルに成長するのを防止でき、したがって前記シード層31上に形成されるギャップ層22もエピタキシャル成長しないで、適量の非磁性元素を含有したアモルファス状態としてメッキ形成することが可能になる。

【0118】また本発明では、前記ギャップ層22のメッキ方法には、従来と同じ直流電流を用いた電気メッキ法を用いることができる。

【0119】本発明では、ギャップ層22下に前記シード層31が形成されているから、直流電流を用いた電気メッキ法によっても、前記シード層31上では、前記ギャップ層22のNiのエピタキシャル成長は適切に抑制され、従来問題とされていた前記ギャップ層22の界面付近での非磁性元素の含有量を、従来よりも多くすることができる。

【0120】ただし本発明では前記直流電流を用いた電気メッキ法に代えて、前記ギャップ層22をパルス電流を用いた電気メッキ法によってメッキ形成することもできる。

【0121】本発明では数秒サイクルでON/OFFを繰返し、そのときのデューティ比を、0.1から0.5程度に設定することが好ましい。例えば0.5秒サイクルでON/OFFを繰返す。

【0122】上記のようにパルス電流を用いた電気メッキ法によれば、ギャップ層22のメッキ形成時に、電流を流す時間と、電流を流さない空白な時間を設けることができる。このように電流を流さない時間を設けることで、直流電流を用いた場合に比べメッキ形成時における電流密度の分布の偏りを緩和することが可能になっている。そして前記ギャップ層22を少しずつメッキ形成することができる。

【0123】このようにパルス電流を用いた電気メッキ法によって、メッキ形成時における電流密度の分布の偏りを低減させることで、前記シード層31を設けたことと合わせて、より確実に界面付近でのギャップ層22の非磁性元素の含有量を従来よりも多くすることができ、

前記ギャップ層22をアモルファス状態で形成することができる。

【0124】また本発明では、前記ギャップ層22を、最初に所定の電流密度を有するパルス電流を用いて所定の膜厚までメッキ形成した後、残りのギャップ層22を前記所定の電流密度よりも高い電流密度を有するパルス電流を用いてメッキ形成してもよい。

【0125】これにより前記シード層31を設けたことと合わせて、さらに確実に界面付近でのギャップ層22の非磁性元素の含有量を従来よりも多くすることができ、前記ギャップ層22をアモルファス状態で形成することができる。

【0126】また前記ギャップ層22を所定の電流密度を有するパルス電流を用いて所定膜厚までメッキ形成した後、残りのギャップ層22を前記所定の電流密度よりも高い電流密度を有するパルス電流によってメッキ形成することで、前記残りのギャップ層22を速くメッキ形成することができ、前記ギャップ層22のメッキ形成を短時間で形成することが可能になる。

【0127】また本発明では、前記所定の電流密度を、例えば $1.5\text{ mA/cm}^2$ 以上で $3.0\text{ mA/cm}^2$ 以下とし、この電流密度を有するパルス電流を用いて前記ギャップ層22を最初の $10\text{ nm}$ の膜厚までメッキ形成し、あるいは前記ギャップ層22を最初の $40\text{ nm}$ の膜厚までメッキ形成する。このときメッキ形成時間は、7～15分程度である。またON/OFFのデューティ比は、例えば0.5秒サイクルである。

【0128】また本発明では、前記電流密度を有するパルス電流により、前記ギャップ層22を $10\text{ nm}$ 、あるいは $40\text{ nm}$ までメッキ成長させた後、前記残りのギャップ層22を、例えば $8.5\text{ mA/cm}^2$ 以上で $11.0\text{ mA/cm}^2$ 以下の電流密度を有するパルス電流を用いてメッキ形成する。これにより前記残りのギャップ層22を速くメッキ形成でき、前記ギャップ層22のメッキ形成時間の短縮化を図ることができる。なおメッキ形成時間は、最終的に得たい膜厚の大きさによって異なるが、例えば7分から8分程度である。またON/OFFのデューティ比は、例えば0.5秒サイクルである。

【0129】上記した直流電流による電気メッキ法、あるいはパルス電流を用いた電気メッキ法によって、シード層の上にNiPからなるギャップ層を形成した場合、前記シード層との界面から $10\text{ nm}$ までのPの含有量を8質量%以上で15質量%以下にでき、また前記界面から $40\text{ nm}$ までの膜厚内の元素Pの含有量を、8質量%以上で15質量%以下にでき、より好ましくは、前記元素Pの含有量を、10質量%以上で15質量%以下に、さらに好ましくは、前記元素Pの含有量を、11質量%以上で15質量%以下にすることができる。

【0130】また本発明では、前記ギャップ層の膜厚全体の平均した元素Pの含有量を、11質量%以上で15

質量%以下にすることができる。

【0131】なお本発明では、前記ギャップ層22をNi-Pで形成することに限定されない。前記ギャップ層22をNi-P以外に、Ni-Mo、Ni-W、Ni-P-Mo、およびNi-P-Wのいずれか一種でメッキ形成することが可能である。かかる場合でも、下部磁極層21上にシード層31をメッキ形成した後、前記シード層31上にギャップ層22を形成することで、前記ギャップ層22の界面付近での元素W、元素PとMoあるいは元素PとWを適量含ませ、前記ギャップ層22をアモルファス状態にすることができ、前記ギャップ層22の耐食性及び平滑性を向上させることができ、また非磁性化を促進することができる。

【0132】なお上記したパルス電流を用いた電気メッキ法は、下部コア層20、下部磁極層21、上部磁極層35、上部コア層26などの各磁性層をメッキ形成する際に使用しても良い。これにより結晶粒の粗大化が抑制されるとともに、前記各磁性層の上面はより平滑面とされる。したがって前記各磁性層の飽和磁束密度を向上させることができる。また前記下部磁極層21上を適切にシード層31で覆うことができ、前記シード層31上にギャップ層22をNiがエピタキシャル成長することなく非磁性元素を所定量含んだアモルファス状態で容易にメッキ形成することができる。

【0133】なお好ましい製造方法としては、下部コア層20、下部磁極層21、シード層31、ギャップ層22、上部磁極層35、及び上部コア層26をすべてパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成することである。

【0134】なお図5に示す溝51a内に形成される磁極部24の膜構成は、上記した積層構造に限られない。すなわち、磁極部24は、シード層31、ギャップ層22及び上部磁極層35の積層構造であってもよい。

【0135】次に図5では、前記レジスト層51を除去し、新たなレジスト層を形成し、このレジスト層に持上げ層36形成のための抜きパターンを形成する。そして前記抜きパターン内に持上げ層36を形成する(図6を参照のこと)。

【0136】次に図7に示す工程では、磁極部24上から下部コア層20上、さらには持上げ層36上からハイト方向にかけて、絶縁材料で形成された絶縁下地層28をスパッタ形成する。

【0137】そして図7に示すように、絶縁下地層28上に、コイル層29を螺旋状にパターン形成する。

【0138】次に図8に示す工程では、コイル層29上を絶縁層30により覆う。このとき、磁極部24上および持上げ層36上も絶縁層30によって覆われる。

【0139】なお本実施の形態では絶縁層30を無機材料によってスパッタ形成する。前記無機材料には、 $Al_2O_3$ 、SiN、 $SiO_2$ のうちから1種または2種以上

を選択することが好ましい。

【0140】そして図8に示すように、絶縁層30の表面をCMP技術などを利用して研磨し、磁極部24の表面が露出するB-B線まで削っていく。その状態を示すのが、図9である。

【0141】また上記のCMP法によって、絶縁層30の表面は、磁極部24の接合面24aと同一平面上で平坦化されて形成されている。

【0142】次に、図10に示されるように、絶縁層30上に、第2のコイル層33を螺旋状にパターン形成する。第1層目のコイル層29と第2のコイル層33とは、それぞれの巻き中心部を介して電気的に接続される。さらに、第2のコイル層33を、レジストやポリイミドなどの有機絶縁材料で形成された絶縁層32によって覆い、絶縁層32上に上部コア層26を、フレームメッキ法などの既存の方法でパターン形成する。

【0143】図10に示すように上部コア層26は、その先端部26aにて磁極部24上に接して形成され、また基端部26bにて下部コア層20上に形成された持上げ層36上に磁気的に接して形成される。

【0144】

【実施例】本発明では、実施例として、下部磁極層上にCuで形成されたシード層を形成した後、前記シード層の上にギャップ層をメッキ形成し、比較例として、下部磁極層上に直接、ギャップ層をメッキ形成し、それぞれのギャップ層の表面状態を透過電子顕微鏡(TEM)で調べた。

【0145】実施例では、最下層として下部磁極層21となるNiFe合金をパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成した。前記NiFeの組成比は、Feが70質量%で、残りがNi質量%であった。なお前記下部磁極層を、4000mAのパルス電流を用いてメッキ形成した。

【0146】次に、前記下部磁極層21に、Cuからなるシード層を70mAの直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成した。また前記シード層を概ね20nm~30nmの範囲内で形成した。

【0147】そして、前記シード層上にNiPからなるギャップ層を70mAの直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成した。なおメッキ浴組成は、硫酸ニッケルが100g/l、塩化ニッケルが30g/l、亜リン酸水素ナトリウムが30g/lであった。

【0148】次に前記ギャップ層上にNiFeからなる上部磁極層を4000mAのパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成した。前記上部磁極層のNiFe組成はFeが70質量%で、残りがNiの質量%であった。

【0149】次に比較例では、最下層となるNiFeの下部磁極層を4000mAのパルス電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成した。前記下部磁極層のNiFe

e組成はFeが70質量%で、残りがNiの質量%であった。

【0150】次に前記下部磁極層に、NiPからなるギャップ層を70mAの直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成した。なおこのときのメッキ浴組成は、上記の実施例のときと同じである。さらに前記ギャップ層の上にNiFeからなる上部磁極層を4000mAパルス流電流を用いて電気メッキ法によりメッキ形成した。

【0151】実施例の透過電子顕微鏡で撮影した写真を図11に、その模式図を図12に、また比較例の透過電子顕微鏡で撮影した写真を図13に示す。

【0152】図11及び図12に示す実施例では、前記ギャップ層の下部磁極層側の界面(下面)は平滑化され、また前記ギャップ層には、上部磁極層や下部磁極層に見られる黒ずみの斑点が無いことがわかる。前記上部磁極層及び下部磁極層に見られる黒ずみの斑点は結晶である。すなわち実施例では、前記ギャップ層には結晶化された部分はなく全体的にアモルファス状態になっていると認めることができる。

【0153】また図11及び図12を見てわかるように、前記ギャップ層の下に形成されたCuからなるシード層は、下部磁極層と同じように結晶相である。ただし前記シード層と下部磁極層の界面は、割合にはっきりと見て取ることができる。これは前記シード層が前記下部磁極層と格子整合しておらず、前記シード層が前記下部磁極層上でエピタキシャル成長していないことを意味する。

【0154】実施例では、比較例と同じように前記ギャップ層を直流電流を用いた電気メッキ法によりメッキ形成しているが、前記下部磁極層と格子整合を図らないシード層を設け、その上にギャップ層をメッキ形成することで、前記ギャップ層と下部磁極層間の格子整合性を断ち切ることができ、前記ギャップ層を適切なアモルファス相として形成することが可能になるのである。

【0155】一方、比較例の場合、前記下部磁極層とギャップ層との界面は、面粗れがひどく、また前記界面付近での前記ギャップ層には黒ずみの斑点が見られる。これは前記ギャップ層を構成する元素Niがエピタキシャル的に成長し結晶化した部分であると認められる。

【0156】以上のように、シード層の上にギャップ層をメッキ形成した場合、従来のように下部磁極層上に直接、ギャップ層をメッキ形成した場合に比べて、ギャップ層の下部磁極層側の界面付近を適切にアモルファス状態に形成でき、Ni結晶化を抑制できることがわかる。

【0157】次に、本発明では上記したシード層上にギャップ層を直流電流によってメッキ形成した実施例の膜構成、および、下部磁極層上に直接、ギャップ層を直流電流によってメッキ形成した比較例の膜構成を用いて、前記ギャップ層の下部磁極層側の界面(下面)からの距

離と、元素Pの含有量との関係について調べた。前記界面からの距離については透過電子顕微鏡を用いて測定し、元素Pの含有量については、X線分析装置(湿式分析で補正)を用いて行った。その実験結果を図14に示す。なお前記透過電子顕微鏡には、日本電子(株)製JEM2010Fを使用し、X線分析装置には、ノーラン社製VANTAGEを使用した。

【0158】図14に示すように比較例では、界面から2.5nm程度まで元素Pの含有量が非常に低く8質量%以下であることがわかる。一方、実施例では、前記界面から10nmのいずれにおいても元素Pの含有量は12質量%以上であり、また前記界面から40nmの膜厚内でも同様である。このように実施例では比較例に比べて特に界面での元素Pの含有量を多くできることがわかる。

【0159】また比較例の場合、界面から約2.5nmを越えると、元素Pの含有量は8質量%を上回るが、グラフに示すように、その上限はせいぜい12質量%であり、また前記元素Pの含有量は、界面から深くなるほど一定に保たれるわけではなく、前記含有量の変動が激しいことがわかる。

【0160】それに対し実施例の場合、界面からの深さに関係なく、前記元素Pの含有量は、ほぼ一定に保たれることがわかる。なおこの実施例では、膜厚全体での平均した元素Pの含有量は約13質量%であり、本発明では前記元素Pの含有量は平均して11質量%以上で15質量%以内に収まることが好ましい。この範囲内であれば、前記ギャップ層全体の耐食性を向上させることができるとともに、非磁性化を促進させることが可能である。

【0161】ところで比較例のように、特に界面付近で元素Pが極端に小さくなっていると、この部分では図13に見たように元素Niの結晶化が促進し、耐食性が低下しており中性やアルカリ溶液の洗浄液などによって侵食されやすくなっている。また前記界面付近では元素Niの含有量が極端に多いことで磁性を帯び、前記界面付近は実質的にギャップ層として機能していないと考えられる。

【0162】一方、実施例の場合、前記界面から10nmの膜厚内、好ましくは40nmの膜厚のいずれでも元素Pは8質量%以上を確保でき、図12に見たように前記界面付近でのアモルファス化を促進でき耐食性を向上させることができる。また元素Pを8質量%以上確保することで前記界面での非磁性化を適切に促進できる。ここで上限であるが、本発明では15質量%以下と設定した。これはメッキ浴中の元素P量を増やしても、メッキ形成されたNiP中の含有量は15質量%を越えることはないことに起因する。また好ましい範囲としては10質量%以上で15質量%以下であり、より好ましい範囲としては11質量%以上で15質量%以下とした。これ

によってより適切にギャップ層の界面付近での耐食性及び非磁性化を促進することができる。なお図14に示す実施例では、上記した好ましい範囲、およびより好ましい範囲を満たしていることがわかる。

【0163】

【発明の効果】以上詳細に説明した本発明によれば、下部磁極層（あるいは下部コア層）上に、非磁性のシード層が形成され、このシード層上にNiを主成分としたギャップ層を形成することで、前記ギャップ層が前記下部磁極層上に直接、接するのを回避でき、したがって、従来問題とされていた前記ギャップ層の界面（下面）付近での元素Niのエピタキシャル成長による結晶化を抑制できるので、従来よりも界面付近での非磁性元素を多く取り込み、アモルファス状態にすることができる。従って界面付近での前記ギャップ層の耐食性を向上させることができ、中性やアルカリ溶液に曝されても前記ギャップ層の侵食を適切に防止できる。

【0164】また前記元素Pの含有量を適量確保することで、界面付近での非磁性化を促進できる。

【0165】よって本発明では、記録特性に優れ、しかも一定の記録特性を有する薄膜磁気ヘッドを歩留まり良く製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを示す正面図、

【図2】磁極部を拡大した部分拡大図、

【図3】図1の薄膜磁気ヘッドの3-3線における部分断面図、

【図4】本発明の第2の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを示す部分断面図、

【図5】本発明の図1ないし図3に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図6】図5に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図7】図6に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図8】図7に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図9】図8に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図10】図9に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図11】シード層上にギャップ層をパルス電流による電気メッキ法によりメッキ形成した本発明（実施例）の磁極部の透過電子顕微鏡写真、

【図12】図11の模式図、

【図13】下部磁極層上にギャップ層を直流電流による電気メッキ法によりメッキ形成した従来（比較例）の磁極部の透過電子顕微鏡写真、

【図14】従来例及び比較例におけるNiPの界面からの距離と元素Pの含有量との関係を示すグラフ、

【図15】従来における薄膜磁気ヘッドの構造を示す部分正面図、

【図16】従来における薄膜磁気ヘッドの不具合を説明するための磁極部の拡大図、

【符号の説明】

20 下部コア層

21 下部磁極層

22 ギャップ層

26 上部コア層

29、33、43 コイル層

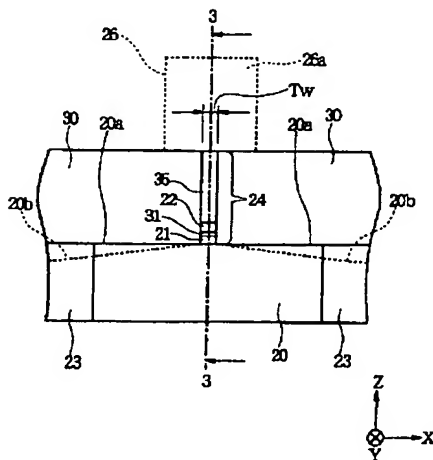
31、41 シード層

35 上部磁極層

51 レジスト層

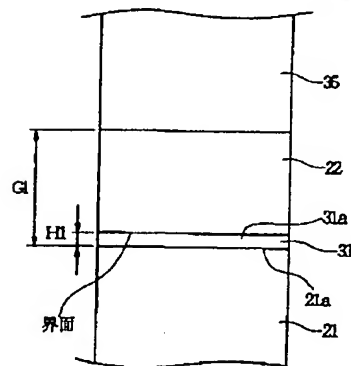
【図1】

図1



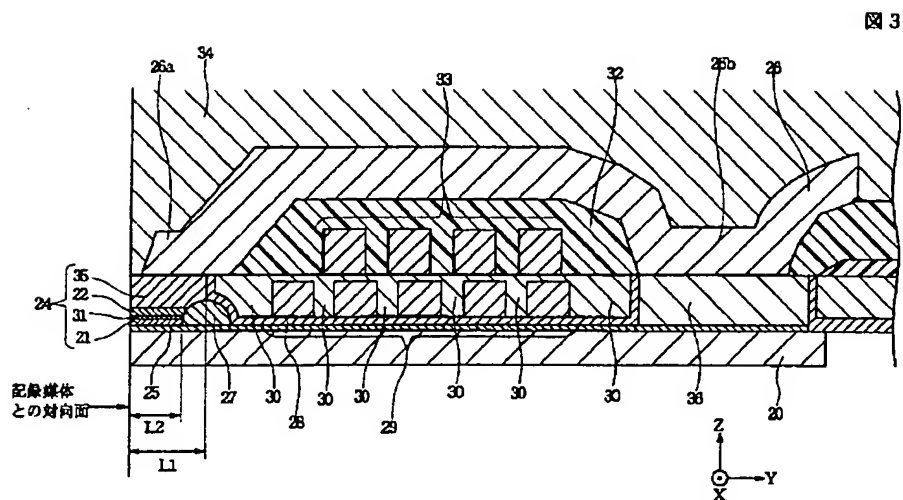
【図2】

図2

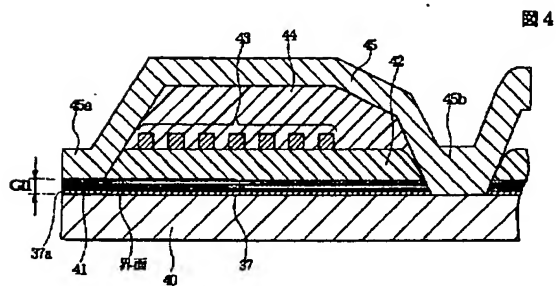




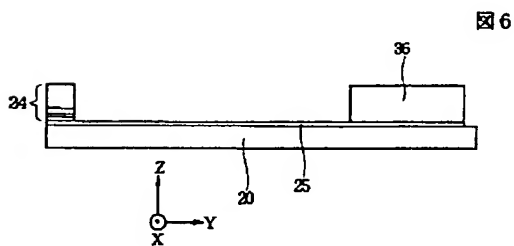
【図3】



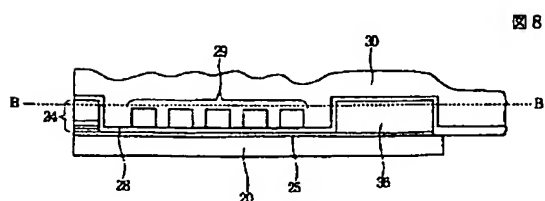
【図4】



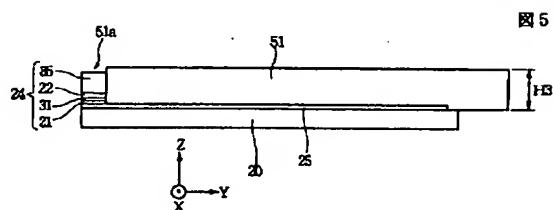
【图6】



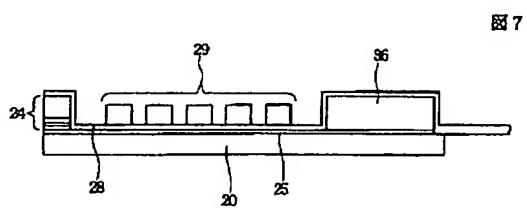
【図8】



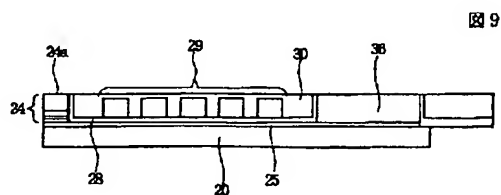
【図5】



【図7】



【図9】



【図10】

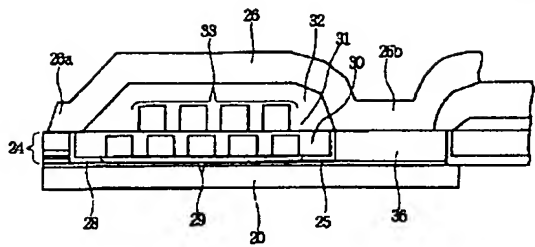
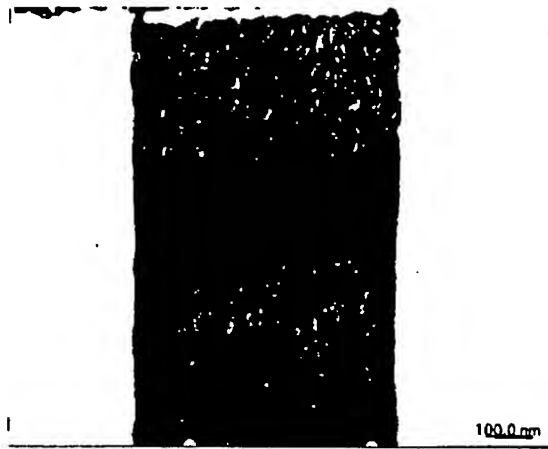


図 10

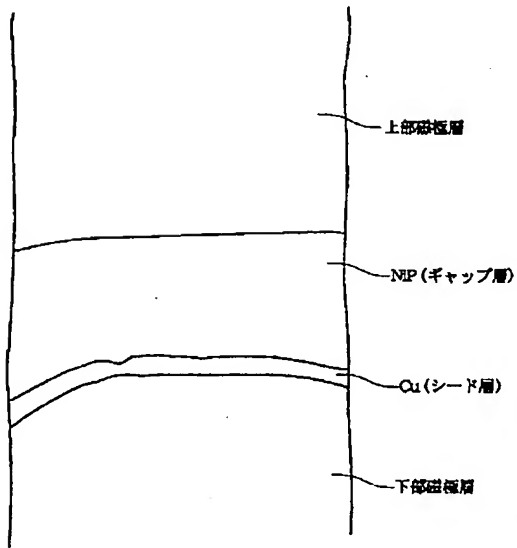
【図11】



II 図

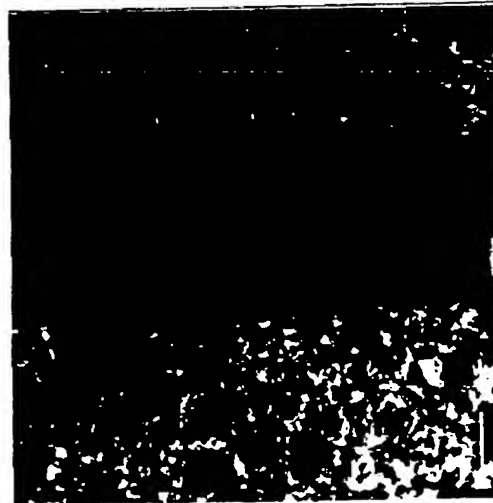
【図12】

図 12



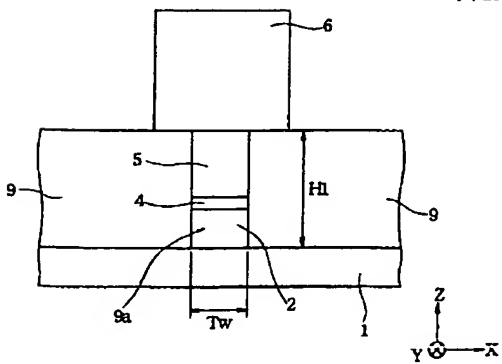
【図13】

図 13



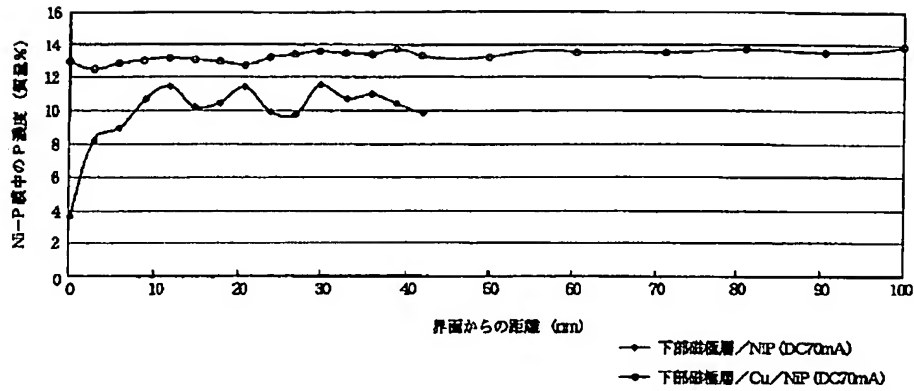
【図15】

図 15



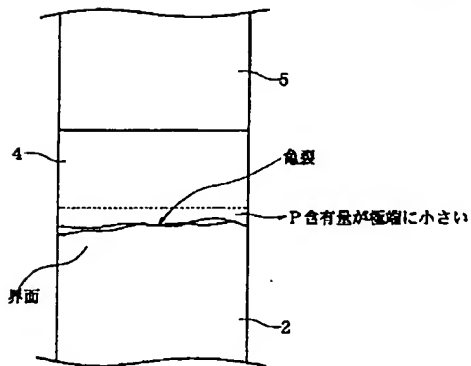
【図14】

図 14



【図16】

図 16



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D033 BA21 BA22 CA06 DA04 DA31

# *Machine Translation of JP 2002-298310*

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention] [0001] [The technical field to which invention belongs] this invention relates to the thin film magnetic head which the thin film magnetic head for record can be started, especially the corrosion resistance near the interface by the side of the lower magnetic pole layer (or lower core layer) of a gap layer and smooth nature can be raised, and can promote nonmagnetic-ization, and its manufacture method. [0002] [Description of the Prior Art] Drawing 15 is the partial front view showing the structure of the thin film magnetic head (thin film magnetic head) in the former. [0003] The sign 1 shown in drawing 15 is the lower core layer formed by magnetic materials, such as a permalloy, and the insulating layer 9 is formed on this lower core layer 1. [0004] It applies in the height direction (the direction of illustration Y) from an opposed face with a record medium, and slot 9a in which the inside width method was formed by the width of recording track Tw is formed in the aforementioned insulating layer 9. [0005] Into this slot 9a, plating formation of the lower magnetic pole layer 2 which connects with the lower core layer 1 magnetically in order of a lower shell, the gap layer 4, and the up magnetic pole layer 5 which connects with the up core layer 6 magnetically is carried out. Furthermore, plating formation of the up core layer 6 is carried out on the aforementioned up magnetic pole layer 5. [0006] Moreover, on the aforementioned insulating layer 9 in the height direction (the direction of illustration Y), the coil layer (not shown) by which pattern formation was carried out spirally is prepared rather than slot 9a formed in the insulating layer 9. [0007] In the inductive head shown in drawing 15, if record current is given to the aforementioned coil layer, a record magnetic field will be guided to the lower core layer 1 and the up core layer 6, and a magnetic signal will be recorded on record media, such as a hard disk, by the leak magnetic field from between the up magnetic pole layers 5 which connect with the lower magnetic pole layer 2 and the up core layer 6 which connect with the lower core layer 1 magnetically magnetically. [0008] By the way, the aforementioned gap layer 4 is formed by NiP in which plating formation is possible. In the former, plating formation of the aforementioned NiP film was carried out by the electroplating method which used the direct current. [0009] [Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when plating growth of the aforementioned NiP film was carried out from the interface with the aforementioned lower magnetic pole layer 2 by the electroplating method using the direct current, the bird clapper understood very small especially the content of the element P near [ aforementioned ] an interface. For example, within about 2.5nm thickness, the content of the aforementioned element P was understood from the aforementioned interface by the experimental result smaller than 8 mass % with a below-mentioned bird clapper. [0010] If electroplating is carried out using a direct current, a bias occurs in the distribution of current density to the nickel-P film at the time of plating formation, and current will flow continuously intensively to a certain plating side. And the bias of such a current distribution is that the element nickel which is easy to plan the crystalline lower magnetic pole layer 2 and crystalline grid adjustment grows in epitaxial, and crystallizes, and the content of the element P near [ aforementioned ] an interface is considered to become extremely small. Moreover, by epitaxial growth of the above-mentioned nickel,

\*\*\*\*\* in the aforementioned interface becomes severe. [0011] The content of the element P near [ aforementioned ] an interface was extremely small as mentioned above, and corrosion resistance fell, since the NiP film which \*\*\*\*\* generated was neutral, it was tended to eat it away the penetrant remover used at the washing process of slider manufacture etc. since it is weak in the solution of an alkali field, and fault, like as shown in drawing 16 (\*\* type view), a crack goes into the aforementioned NiP film generated it. Recording characteristics, such as an over-writing property, fall by this. [0012] Moreover, near [ aforementioned ] an interface tends to be tintured with magnetism, and since the size of the gap length G1 determined by this by the thickness of the aforementioned gap layer 4 is changed, it cannot manufacture the thin film magnetic head which has a predetermined recording characteristic with the sufficient yield, because the content of the element P near [ aforementioned ] an interface falls. [0013] Then, this invention aims at offering the thin film magnetic head which it is, the aforementioned gap layer can be made to be able to carry out specified quantity content of the nonmagnetic element by forming a gap layer on a nonmagnetic seed layer especially, and the corrosion resistance of a gap layer and smooth nature can be raised, and can promote nonmagnetic-ization of the aforementioned gap layer and its manufacture method for solving the above-mentioned conventional technical problem. [0014] [Means for Solving the Problem] The thin film magnetic head in which this invention has a gap layer between a lower core layer and an up core layer, or a lower core layer, The magnetic pole section formed on the aforementioned lower core layer in order of the lower magnetic pole layer, the gap layer, and the up magnetic pole layer, or the magnetic pole section formed in order of the gap layer and the up magnetic pole layer on the aforementioned lower core layer, In the thin film magnetic head which has the up core layer formed on the aforementioned up magnetic pole layer the aforementioned gap layer It is characterized by being formed on the nonmagnetic seed layer formed on the aforementioned lower core layer or the lower magnetic pole layer, and forming the aforementioned gap layer with the non-magnetic metal material which made nickel the principal component. [0015] It is made for the aforementioned gap layer and the aforementioned lower magnetic pole layer (or lower core layer) not to touch directly by this invention by forming a nonmagnetic seed layer between a gap layer and the aforementioned lower core layer or between the aforementioned gap layer and the aforementioned lower magnetic pole layer. [0016] By this, without nickel which stops easily being able to carry out between the aforementioned lower magnetic pole layers (or lower core layer) for grid adjustment, and is contained in a gap layer like before growing epitaxially, the aforementioned gap layer can make [ many ] the content of the nonmagnetic element in near the interface of the aforementioned gap layer conventionally made into the problem compared with the former, and can change the membrane structure near [ aforementioned ] an interface into an amorphous state. [0017] For this reason, the corrosion resistance of the aforementioned gap layer and smooth nature improve, and the aforementioned gap layer is not eaten away by the penetrant remover of the washing process of slider manufacture etc., but fault, like a crack goes into the aforementioned gap layer like before can be prevented. [0018] Moreover, the aforementioned gap layer can be made to contain the nonmagnetic element of the specified quantity, and the aforementioned gap layer can be appropriately made nonmagnetic. Therefore, gap length predetermined by the comprehensive thickness of the aforementioned gap layer and a nonmagnetic seed layer can be formed easily, and it is possible to manufacture the thin film magnetic head excellent in the recording

characteristic. [0019] Moreover, as for the thickness of the aforementioned seed layer, in this invention, it is desirable that it is 50nm or less in 3nm or more. It is 30nm or less in 5nm or more more preferably, and is 20nm or less in 10nm or more still more preferably. If the thickness of the aforementioned seed layer becomes smaller than 3nm, the aforementioned lower magnetic pole layer (or lower core layer) top cannot be completely covered in the aforementioned seed layer. A part of aforementioned gap layer will be directly formed on the aforementioned lower magnetic pole layer (or lower core layer). While nickel content of the aforementioned gap layer increases in the portion, the content of a nonmagnetic element becomes small as usual, near the interface of the aforementioned gap layer crystallizes, and therefore the corrosion resistance of the aforementioned gap layer and smooth nature fall, and nonmagnetic-ization cannot be promoted appropriately, and it is not desirable. [0020] Moreover, if the thickness of the aforementioned seed layer becomes larger than 50nm, the area exposed from the record-medium opposed face of the aforementioned seed layer will become large. If the aforementioned seed layer is formed with the quality of the materials which are not so much excellent in corrosion resistance, such as Cu, the area exposed from the record-medium opposed face of the aforementioned seed layer is large, and the aforementioned seed layer becomes easy to corrode and is not desirable at a bird clapper. moreover. [0021] In addition, as for the aforementioned seed layer, in this invention, it is desirable to be formed with the non-magnetic metal material which does not contain a magnetic element. It can form without being able to change the lattice constant of the aforementioned seed layer with the lattice constant of the lower magnetic pole layer formed by the magnetic material, and a lower core layer greatly, and growing the aforementioned seed layer epitaxially on the aforementioned lower magnetic pole layer or a lower core layer by this. therefore, the \*\* which does not grow epitaxially the gap layer formed on the aforementioned seed layer on the aforementioned seed layer -- the aforementioned gap layer near an interface -- a nonmagnetic element -- the former -- many -- it can incorporate -- near [ aforementioned ] an interface -- suitable -- amorphous -- it does-izing and is desirable [0022] Moreover, by forming the aforementioned seed layer with non-magnetic metal material, the plating formation of the aforementioned seed layer can be carried out, and, thereby, it becomes possible to form the aforementioned seed layer and a gap layer by continuation plating. [0023] As for the aforementioned seed layer, in this invention, it is specifically desirable to be formed with one sort or two sorts or more of non-magnetic metal material chosen from Cu, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and Os. [0024] Moreover, as for the aforementioned gap layer, in this invention, it is desirable to be formed by any one sort of nickel-P, nickel-Mo, nickel-W, nickel-P-Mo, and the nickel-P-W. [0025] Moreover, in this invention, the aforementioned gap layer is formed by NiP, and it is desirable that the content of P from an interface with the aforementioned seed layer to 10nm is below 15 mass % above 8 mass %. [0026] By this invention, the aforementioned seed layer is formed and the element P near the interface of the aforementioned gap layer changes into the amorphous state where it contained more mostly than before, by making it a lower magnetic pole layer (or lower core layer) and a gap layer not touch directly. The corrosion resistance of the aforementioned gap layer and smooth nature can be raised by this. Moreover, this portion is made to nonmagnetic and the thin film magnetic head from which gap length G1 serves as a predetermined value can be manufactured with the sufficient yield because Element P contains below 15 mass % in 10nm thickness from the aforementioned interface above 8 mass %. [0027] Moreover, in this



invention, it is desirable that the content of the element P in the thickness from the aforementioned interface to 40nm is below 15 mass % above 8 mass %. [0028] Moreover, as for the content of the aforementioned element P, in this invention, it is desirable that it is below 15 mass % above 10 mass %, and the content of the aforementioned element P is below 15 mass % more preferably above 11 mass %. [0029] If it is the above-mentioned composition range, while being able to raise the corrosion resistance of the aforementioned gap layer further, it is possible to manufacture the thin film magnetic head which can promote more nonmagnetic-ization near the interface of the aforementioned gap layer, and has a good recording characteristic. [0030] Moreover, as for the content of the element P which the whole thickness of the aforementioned gap layer averaged in this invention, it is desirable that it is below 15 mass % above 11 mass %. [0031] Corrosion resistance improvement in the aforementioned whole gap layer can be aimed at from the aforementioned interface by regulating preferably at least 10nm of average contents of the element P of the whole thickness of not only the inside of thickness of 40nm but the aforementioned gap layer within the limits of the above, and nonmagnetic-ization of the aforementioned whole gap layer can be promoted. [0032] In addition, measurement of the content of the above-mentioned element P was performed using the X-rays spectroscopic analyzer. Only with the X-rays spectroscopic analyzer, since only the relative value was acquired, the content of Element P amended the content of the element P obtained from the aforementioned X-rays spectroscopic analyzer by wet analysis, and obtained the absolute value. In addition, it amended using the film sample with a large area. It is the content of the element P of this invention which it described above. [0033] Moreover, about the distance from an interface with a lower magnetic pole layer or a lower core layer, it measured using the transmission electron microscope (transverse electromagnetic). [0034] Moreover, this invention is set to the manufacture method of the thin film magnetic head of having a lower core layer made from a magnetic material, and the up core layer made from a magnetic material which counters through a gap layer on the aforementioned lower core layer by the opposed face with a record medium. (a) The aforementioned lower core layer the process which carries out plating formation, and on the (b) aforementioned lower core layer Direct, After carrying out plating formation of the lower magnetic pole layer on the aforementioned lower core layer, or on this lower magnetic pole layer The process which carries out plating formation of the seed layer formed with one sort or two sorts or more of non-magnetic metal material chosen from Cu, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and Os, (c) It is characterized by having the process which carries out plating formation of the nonmagnetic gap layer which made nickel the principal component on the aforementioned seed layer, and the process which carries out plating formation of the up core layer through an up magnetic pole layer directly on the (d) aforementioned gap layer. [0035] After forming a seed layer on a lower magnetic pole layer or a lower core layer like the above-mentioned manufacture method, the aforementioned gap layer and a lower magnetic pole layer (or lower core layer) can incorporate many nonmagnetic elements near the interface of the aforementioned gap layer by this by the ability preventing touching directly by forming a gap layer on the aforementioned seed layer, and plating formation of near [ aforementioned ] an interface can be carried out in the amorphous state. [0036] Moreover, it is desirable to carry out plating formation of the aforementioned seed layer by 3nm or more in the aforementioned (b) process by this invention at thickness 50nm or less. It is carrying out plating formation of the aforementioned seed layer by 30nm or less by 5nm or more

more preferably, and is carrying out plating formation of the aforementioned seed layer by 20nm or less by 10nm or more still more preferably. While being able to cover certainly a lower magnetic pole layer (lower core layer) top in the aforementioned seed layer by this, area exposed from the record-medium opposed face of the aforementioned seed layer can be made small, and the corrosion of the aforementioned seed layer can be prevented appropriately. [0037] In addition, it is desirable to carry out plating formation of the aforementioned gap layer in this invention at any one sort of nickel-P, nickel-Mo, nickel-W, nickel-P-Mo, and the nickel-P-W. [0038] [Embodiments of the Invention] The partial front view showing the structure of the thin film magnetic head [ in / this invention / in drawing 1 ], the elements on larger scale to which drawing 2 expanded the magnetic pole section, and drawing 3 are the fragmentary sectional views which cut the thin film magnetic head shown in drawing 1 from three to 3 line, and were seen from the arrow. [0039] Although the thin film magnetic head shown in drawing 1 is an inductive head for record, in this invention, the laminating of the head for reproduction (MR head using AMR, so-called GMR, so-called TMR, etc.) which used the magnetoresistance effect for the bottom of this inductive head may be carried out. [0040] The sign 20 shown in drawing 1 is the lower core layer formed by magnetic materials, such as for example, a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, or Co. In addition, when the laminating of the head for reproduction is carried out to the aforementioned lower core layer 20 bottom, the shield layer which protects a magnetoresistance-effect element from a noise may be prepared separately [ the aforementioned lower core layer 20 ], the aforementioned shield layer may not be prepared, but the aforementioned lower core layer 20 may be operated as an up shield layer of the aforementioned head for reproduction. [0041] As shown in drawing 1 , an insulating layer 23 is formed in the both sides of the aforementioned lower core layer 20. Moreover, as shown in drawing 1 , the inclined planes 20b and 20b which incline in the direction which upper surface 20a of the lower core layer 20 prolonged from the end face of the lower magnetic pole layer 21 may be prolonged and formed in the direction parallel to the direction of the width of recording track (the direction of illustration X), or separates from the up core layer 26 may be formed. Generating of side fringing can be more appropriately reduced by inclined planes 20b and 20b being formed in the upper surface of the aforementioned lower core layer 20. [0042] As shown in drawing 1 , the magnetic pole section 24 is formed on the aforementioned lower core layer 20, and exposure formation of the aforementioned magnetic pole section 24 is carried out at the opposed face with a record medium. If the aforementioned magnetic pole section 24 was formed by the width of recording track  $T_w$  and it says in this example, it will be a width-of-recording-track specification part. As for the aforementioned width of recording track  $T_w$ , being formed by 0.7 micrometers or less is desirable, and it is 0.5 micrometers or less more preferably. [0043] The aforementioned magnetic pole section 24 is constituted from the laminated structure of the lower magnetic pole layer 21, the seed layer 31, the gap layer 22, and the up magnetic pole layer 35 by the example shown in drawing 1 . [0044] As shown in drawing 1 , on the aforementioned lower core layer 20, plating formation of the lower magnetic pole layer 21 used as the lowest layer of the magnetic pole section 24 is carried out through the plating ground layer 25 (refer to drawing 3 ). The aforementioned lower magnetic pole layer 21 is connected as magnetically as the lower core layer 20, and even if the aforementioned lower magnetic pole layer 21 is formed with the quality of the material which is different also with the same quality of the material as the aforementioned lower core layer 20, whichever is sufficient as it. The

aforementioned lower magnetic pole layer 21 is formed using magnetic materials, such as a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, and Co. Moreover, even if the monolayer is also formed by the multilayer, whichever is sufficient as the aforementioned lower magnetic pole layer 21. In addition, the height size of the aforementioned lower magnetic pole layer 21 is formed by about 0.3 micrometers. [0045] The nonmagnetic seed layer 31 is formed on the aforementioned lower magnetic pole layer 21, and the laminating of the nonmagnetic gap layer 22 which made nickel the principal component on the aforementioned seed layer 31 is carried out. In this invention, the aforementioned seed layer 31 and the gap layer 22 are formed with non-magnetic metal material, and plating formation is carried out on the lower magnetic pole layer 21. In addition, the height size of 30nm (0.03 micrometers) and the gap layer 22 is formed for the thickness of the aforementioned seed layer 31 by about 0.2 micrometers. [0046] Next, on the aforementioned gap layer 22, plating formation of the up magnetic pole layer 35 which connects with the up core layer 26 mentioned later magnetically is carried out. In addition, the aforementioned up magnetic pole layer 35 may be formed with the same quality of the material as the up core layer 26, and may be formed with the different quality of the material. The aforementioned up magnetic pole layer 35 is formed using magnetic materials, such as a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, and Co. Moreover, even if the monolayer is also formed by the multilayer, whichever is sufficient as the aforementioned up magnetic pole layer 35. In addition, the height size of the aforementioned up magnetic pole layer 35 is formed by 2.4 micrometers - about 2.7 micrometers. [0047] It enables them to carry out plating formation of the lower magnetic pole layer 21, the seed layer 31, the gap layer 22, and the up magnetic pole layer 35 continuously, if the seed layer 31 and the gap layer 22 are formed with non-magnetic metal material, as described above. [0048] In addition, by this invention, the aforementioned magnetic pole section 24 may be formed by the cascade screen which consists of the seed layer 31, a gap layer 22, and an up magnetic pole layer 35. [0049] As described above, moreover, the lower magnetic pole layer 21 and the up magnetic pole layer 35 which constitute the magnetic pole section 24 Although whichever is sufficient even if each magnetic pole layer is formed with the quality of the material which is different also with the same quality of the material as the core layer connected magnetically, in order to raise recording density As for the lower magnetic pole layer 21 and the up magnetic pole layer 35 which counter the gap layer 22, it is desirable to have saturation magnetic flux density with each magnetic pole layer higher than the saturation magnetic flux density of the core layer connected magnetically. Thus, by having saturation magnetic flux density with high lower magnetic pole layer 21 and up magnetic pole layer 35, a record magnetic field is centralized near the gap and it becomes possible to raise recording density. [0050] By the way, as this invention shown in the elements on larger scale of drawing 2 , the nonmagnetic seed layer 31 is formed between the lower magnetic pole layer 21 and the gap layer 22. It can prevent that the aforementioned lower magnetic pole layer 21 and the gap layer 22 touch directly, and are formed of this. [0051] Therefore, the aforementioned gap layer 22 can suppress appropriately that the element nickel which stops easily being able to carry out between the lower magnetic pole layers 21 for grid adjustment, and constitutes the aforementioned gap layer 22 like before grows epitaxially and crystallizes by the interface by the side of the lower magnetic pole layer 21. [0052] That is, it is possible to be able to make [ more ] the content of the nonmagnetic element near the interface by the side of the lower magnetic pole layer 21 of the aforementioned gap layer 22 which had become a

problem conventionally (inferior surface of tongue) in this invention than before, and to make the membrane structure near [ this ] an interface amorphous. [0053] Therefore, in this invention, even if it is possible to raise the corrosion resistance of the aforementioned gap layer 22 and smooth nature and the neutrality and the alkaline cleaning agent which are used at the washing process of slider processing etc. \*\*, the aforementioned gap layer 22 is not eaten away and a crack (refer to drawing 15 ) like before does not go into the aforementioned gap layer 22. [0054] Moreover, nonmagnetic-ization in this portion can be promoted by the nonmagnetic element of optimum dose being contained near [ aforementioned ] the interface of the aforementioned gap layer 22. [0055] Although gap length G1 is determined by the comprehensive thickness of the aforementioned gap layer 22 and the nonmagnetic seed layer 31, it is that near the interface of the aforementioned gap layer 22 is appropriately made nonmagnetic, and can store the aforementioned gap length G1 in a predetermined value. [0056] Therefore, it is possible to manufacture the thin film magnetic head which keeps good recording characteristics, such as the over-writing property of the thin film magnetic head, and moreover has a predetermined recording characteristic in this invention with the sufficient yield. [0057] Next, conditions required for the aforementioned seed layer 31 are explained. The aforementioned seed layer 31 needs to have a different lattice constant from the lower magnetic pole layer 21. The aforementioned seed layer 31 is formed of this, without growing epitaxially on the lower magnetic pole layer 21. Therefore, the nonmagnetic element near an interface can be formed in the amorphous state where it contained more mostly than before, without growing epitaxially the aforementioned gap layer 22 containing nickel which has the almost same lattice constant as the aforementioned lower magnetic pole layer 21 on the aforementioned seed layer 31. [0058] In order to make the lattice constant of the above-mentioned seed layer 31 into a different thing from the lattice constant of the lower magnetic pole layer 21, it is desirable to form the aforementioned seed layer 31 with the non-magnetic metal material which does not contain a magnetic element. Especially the magnetic element here has pointed out Co, Fe, and nickel. [0059] That it is the seed layer 31 containing the magnetic element of Co, Fe, and nickel the lattice constant of the aforementioned magnetic element Since it is almost the same as the lattice constant of the lower magnetic pole layer 21 of a magnetic material, the magnetic element of the aforementioned seed layer 31 becomes easy to grow epitaxially on the aforementioned lower magnetic pole layer 21. Since nickel of the gap layer 22 formed on the aforementioned seed layer 31 also becomes easy to grow epitaxially on the seed layer 31, it becomes impossible therefore, to solve the conventional technical problem appropriately. Therefore, it is desirable to form the aforementioned seed layer 31 in this invention with the non-magnetic metal material which does not contain a magnetic element. In addition, suppose that it mentions later about the quality of the material of the concrete aforementioned seed layer 31. [0060] Next, as for the aforementioned seed layer 31, it is desirable for plating formation to be possible. By being formed with the non-magnetic metal material which can plate the aforementioned seed layer 31, it becomes possible to carry out continuation plating formation of the lower magnetic pole layer 21, the seed layer 31, the gap layer 22, and the up magnetic pole layer 35, and it can simplify a manufacturing process. [0061] Moreover, as for the aforementioned seed layer 31, it is desirable that adhesion with the lower magnetic pole layer 21 and the gap layer 22 is good. [0062] Moreover, even if the aforementioned seed layer 31 is formed by the crystal phase and it is formed with an amorphous phase, whichever is sufficient

as it. [0063] Next, the thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 is explained below. As for the thickness H1 of the aforementioned seed layer 31, in this invention, it is desirable that it is 50nm or less in 3nm or more. If the thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 becomes smaller than 3nm, the aforementioned lower magnetic pole layer 21 top may be unable to be completely covered in the aforementioned seed layer 31. Consequently, the aforementioned gap layer 22 is directly formed in the part on the aforementioned lower magnetic pole layer 21. nickel which constitutes the aforementioned gap layer 22 from the portion grows epitaxially, and it becomes impossible for the content of a nonmagnetic element to fall even to a grade conventionally, and to promote appropriately the improvement in the corrosion resistance of the aforementioned gap layer 22, or smooth nature, and nonmagnetic-ization of the aforementioned gap layer 22. [0064] Although the aforementioned lower magnetic pole layer 21 is formed by magnetic materials, such as a NiFe alloy, a CoFe alloy, a CoFeNi alloy, and Co, the diameter of average crystal grain of the lower magnetic pole layer 21 formed by these magnetic materials is within the limits of 10nm - 50nm in general. [0065] Moreover, Ra is within the limits of 2nm - 5nm in general in the center line average coarseness in the upper surface of the aforementioned lower magnetic pole layer 21. [0066] It is desirable to set thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 to 3nm or more for upper surface 21a of the lower magnetic pole layer 21 which has above diameter of average crystal grain and center line average coarseness in the seed layer 31 completely at a wrap, and it can prevent appropriately that a part of aforementioned gap layer 22 is directly formed on the aforementioned lower magnetic pole layer 21 by this. [0067] Moreover, if the thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 becomes larger than 50nm, the area of front end side 31a of the aforementioned seed layer 31 exposed from an opposed face with a record medium will become large. Although the aforementioned seed layer 31 is formed by Cu, as for Cu, the corrosion in the portion of the aforementioned seed layer 31 poses [ the thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 ] a problem large with not so sufficient therefore corrosion resistance by the bird clapper. Moreover, if 50nm of thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 is formed at the maximum, since upper surface 21a of the aforementioned lower magnetic pole layer 21 which has the above-mentioned diameter of crystal grain and the above-mentioned center line average coarseness will be certainly covered by the aforementioned seed layer 31, there is also no need of thickening thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 more than this. Therefore, in this invention, we decided to set the upper limit of the thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 to 50nm. [0068] Moreover, it is more desirable to set thickness H1 of the aforementioned seed layer 31 to 30nm or less by 5nm or more by this invention, and it is still more desirable to set the aforementioned thickness H1 to 20nm or less by 10nm or more. By this, while being able to cover the aforementioned lower magnetic pole layer 21 top in the aforementioned seed layer 31 more appropriately, area exposed from the record-medium opposed face of the aforementioned seed layer 31 can be made small, and the thin film magnetic head excellent in corrosion resistance can be manufactured. [0069] Next, the quality of the material of the aforementioned seed layer 31 is explained below. As for the aforementioned seed layer 31, it is desirable to be formed with one sort or two sorts or more of non-magnetic metal material chosen from Cu, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and Os. By using these non-magnetic metal material, it becomes possible to carry out plating formation of the aforementioned seed layer 31. [0070] Moreover, the lattice constant of the lower magnetic pole layer 21 differs from the lattice constant of the element nickel which constitutes the gap layer

22 greatly, and the lattice constant of the seed layer 31 which consists of these non-magnetic metal material can prevent appropriately that the aforementioned seed layer 31 grows epitaxially on the aforementioned lower magnetic pole layer 21. [0071] Next, the quality of the material of the gap layer 22 is explained. As for the aforementioned gap layer 22, in this invention, it is desirable to be formed by any one sort of nickel-P, nickel-Mo, nickel-W, nickel-P-Mo, and the nickel-P-W. [0072] It becomes possible to carry out plating formation of the aforementioned gap layer 22 by using these non-magnetic metal material. Moreover, it is possible to be able to make the aforementioned gap layer 22 nonmagnetic and to make corrosion resistance and smooth nature good further by adjusting appropriately the composition ratio of these non-magnetic metal material. [0073] Next, the desirable composition range of the aforementioned gap layer 22 is explained below. In this invention, the aforementioned gap layer 22 is formed by NiP, and it is desirable that the content of P from an interface with the aforementioned seed layer 31 to 10nm is below 15 mass % above 8 mass %. The content of the element P in the thickness to 40nm is set below to 15 mass % still more preferably above 8 mass %. The gap layer 22 formed in this composition range is in the amorphous state. [0074] It is that plating formation is carried out where [ amorphous ] the content of Element P increased conventionally near the interface and a proper quantity of the element P is included in this invention, and it is possible to raise the corrosion resistance of the gap layer 22 near [ aforementioned ] an interface and smooth nature. Therefore, in this invention, even if the neutrality and the alkaline cleaning agent which are used at the washing process of slider processing etc. \*\*, the aforementioned gap layer 22 is not eaten away and a crack (refer to drawing 15 ) like before does not go into the aforementioned gap layer 22. [0075] Moreover, nonmagnetic-ization in this portion can be promoted by the element P of optimum dose being contained near [ aforementioned ] the interface of the aforementioned gap layer 22. Although gap length Gl is determined by the comprehensive thickness of the thickness of the aforementioned gap layer 22, and the thickness H1 of the nonmagnetic seed layer 31, it is that near the interface of the aforementioned gap layer 22 is appropriately made nonmagnetic, and it is possible to store the aforementioned gap length Gl in a predetermined value. [0076] Therefore, it is possible to manufacture the thin film magnetic head which keeps good recording characteristics, such as the over-writing property of the thin film magnetic head, and moreover has a predetermined recording characteristic in this invention with the sufficient yield. [0077] In addition, the X-rays spectroscopic analyzer performed measurement of the content of the above-mentioned element P. However, since the content of the element P by the X-rays spectroscopic analyzer was measured as a relative value, for the amendment reason, wet analysis was performed for the absolute value after measurement according this to the aforementioned X-rays spectroscopic analyzer. In addition, it amended using the latus film sample of area. It is the value which the content of the element P measured by this described above. [0078] Moreover, about the distance from the aforementioned interface, it measured using the transmission electron microscope (transverse electromagnetic). [0079] Moreover, in this invention, it is preferably desirable from the aforementioned interface to 10nm that the content of the element P to 40nm thickness is below 15 mass % above 10 mass %. Moreover, as for the content of the aforementioned element P, it is more desirable that it is below 15 mass % above 11 mass %. [0080] If it is within the limits of the above, amorphous-ization of the gap layer 22 formed by the aforementioned NiP film can be promoted more, and the improvement in corrosion resistance and smooth nature and also nonmagnetic-



ization can be promoted more. Therefore, the thin film magnetic head which faults, such as a crack, did not occur near the interface of the aforementioned gap layer 22, and was excellent in the recording characteristic can be manufactured. [0081] Moreover, as for the content of the element P which the whole thickness of the aforementioned gap layer 22 averaged in this invention, it is desirable that it is below 15 mass % above 11 mass %. Thus, by containing the element P described above by the whole thickness of the gap layer 22, the corrosion resistance of the whole thickness of the aforementioned gap layer 22 can be raised, and, moreover, nonmagnetic-ization can be promoted. Therefore, while being able to protect the gap layer 22 aforementioned whole from pervasion by the penetrant remover etc. appropriately, it can leak [ near / aforementioned / the gap ] and a magnetic field can be generated certainly. [0082] Next, portions other than the magnetic pole section shown in drawing 2 are explained. Like drawing 3, it is formed by linear dimension L1, magnetic pole applying [ aforementioned / 24 ] it in the height direction (the direction of illustration Y) from an opposed face (ABS side) with a record medium. Between the aforementioned magnetic pole section 24 and the lower core layer 20, Gd arrangement layer 27 formed by the organic insulating material etc. is formed. In addition, the distance from the nose of cam of the aforementioned Gd arrangement layer 27 to an opposed face with a record medium is formed by L2, and this distance L2 is a gap depth (Gd). [0083] Moreover, as shown in drawing 3, it is behind the height direction (the direction of illustration Y) of the aforementioned magnetic pole section 24, and winding formation of the coil layer 29 is spirally carried out through the insulating ground layer 28 on the lower core layer 20. As for the aforementioned insulating ground layer 28, it is desirable to be formed by the insulating material which consists of at least one sort in AlO, aluminum 2O3, SiO2 and Ta 2O5, TiO and AlN, AlSiN, TiN and SiN, Si3N4, NiO, WO, WO3, BN and CrN, and SiON. [0084] further -- the aforementioned coil layer 29 -- each -- a conductor -- it is buried by the insulating layer 30 between the pitches of the section As for the aforementioned insulating layer 30, it is desirable to be chosen from at least one sort in AlO, aluminum 2O3, SiO2 and Ta 2O5, TiO and AlN, AlSiN, TiN and SiN, Si3N4, NiO, WO, WO3, BN and CrN, and SiON. [0085] As the aforementioned insulating layer 30 is shown in drawing 1, it is formed in the both sides of the direction of the width of recording track of the aforementioned magnetic pole section 24 (the direction of illustration X), and exposure formation of the aforementioned insulating layer 30 is carried out at the opposed face with a record medium. [0086] As shown in drawing 3, on the aforementioned insulating layer 30, winding formation of the 2nd coil layer 33 is carried out spirally. [0087] As shown in drawing 3, the coil layer 33 of the above 2nd is covered by the insulating layer 32 formed by organic materials, such as a resist and a polyimide, and pattern formation of the up core layer 26 formed with the NiFe alloy etc. is carried out for example, by frame plating etc. on the aforementioned insulating layer 32. [0088] Moreover, as shown in drawing 3, on the aforementioned up magnetic pole layer 35, it connects magnetically and point 26a of the aforementioned up core layer 26 is formed, end face section 26b of the aforementioned up core layer 26 was formed by magnetic materials, such as a NiFe alloy, on the lower core layer 20, is raised, and on the layer 36, it connects magnetically and it is formed. In addition, it raises the account of before, and the layer 36 does not need to be formed and the direct file of the end face section 26b of the aforementioned up core layer 26 will be carried out on the lower core layer 20 in this case. The aforementioned up core layer 26 top is covered by the protective layer 34 of aluminum2O3 grade. [0089] Moreover, as shown in drawing 1, it

turns out that the width-of-face size of the up core layer 26 in the edge joined on the aforementioned up magnetic pole layer 35 is larger than the width-of-face size of the direction of the width of recording track of the aforementioned up magnetic pole layer 35. Thereby, the magnetic flux from the aforementioned up core layer 26 can be efficiently passed in the aforementioned up magnetic pole layer 35, and improvement in a recording characteristic can be aimed at. [0090] Drawing 4 is drawing of longitudinal section of the thin film magnetic head of the gestalt of another operation of this invention. In addition, the end face on the left-hand side of [ illustration ] the thin film magnetic head shown in drawing 4 is an opposed face with a record medium. [0091] With the gestalt of this operation, the nonmagnetic seed layer 37 is formed on the lower core layer 40. And the nonmagnetic gap layer 41 which made nickel the principal component is formed on the aforementioned seed layer 37. [0092] Thus, in this invention, it can prevent appropriately that the aforementioned gap layer 41 is formed directly in contact with the lower core layer 40 the aforementioned lower core layer 40, the gap layer 41, and in between because the seed layer 37 intervenes. [0093] Therefore, the aforementioned gap layer 41 can suppress appropriately that the element nickel which stops easily being able to carry out between the lower core layers 40 for grid adjustment, and constitutes the aforementioned gap layer 41 like before grows epitaxially from the interface by the side of the lower core layer 40 (inferior surface of tongue). [0094] That is, in this invention, the content of the nonmagnetic element near the interface of the aforementioned gap layer 41 which had become a problem conventionally can be made [ more ] than before, and the gap layer 41 near [ aforementioned ] an interface can be made amorphous. Therefore, in this invention, even if it is possible to raise the corrosion resistance of the aforementioned gap layer 41 and smooth nature and the neutrality and the alkaline cleaning agent which are used at the washing process of slider processing etc. \*\*, the aforementioned gap layer 41 is not eaten away and a crack (refer to drawing 15 ) like before does not go into the aforementioned gap layer 41. [0095] Moreover, nonmagnetic-ization in this portion can be promoted by the nonmagnetic element of optimum dose being contained near [ aforementioned ] the interface of the aforementioned gap layer 41. [0096] Although gap length G1 is determined by the comprehensive thickness of the aforementioned gap layer 41 and the nonmagnetic seed layer 37, it is that near the interface of the aforementioned gap layer 41 is appropriately made nonmagnetic, and can store the aforementioned gap length G1 in a predetermined value. [0097] Therefore, it is possible to manufacture the thin film magnetic head which keeps good recording characteristics, such as the over-writing property of the thin film magnetic head, and moreover has a predetermined recording characteristic in this invention with the sufficient yield. [0098] Next, as for the thickness of the aforementioned seed layer 37, it is desirable that it is 50nm or less in 3nm or more. If the thickness of the aforementioned seed layer 37 becomes smaller than 3nm, the aforementioned lower core layer 40 top may be unable to be completely covered in the aforementioned seed layer 37. The aforementioned gap layer 41 is directly formed in the part on the aforementioned lower core layer 40. consequently, in this portion Since nickel which constitutes the aforementioned gap layer 41 can grow epitaxially, and neither the corrosion resistance of the aforementioned gap layer 41 nor smooth nature can be appropriately raised as usual and nonmagnetic-ization cannot be promoted appropriately, In this invention, the thickness of the aforementioned seed layer 37 was set as 3nm or more. [0099] Moreover, if the thickness of the aforementioned seed layer 37 becomes larger than 50nm, the area of front end side 37a

of the aforementioned seed layer 37 exposed from an opposed face with a record medium will become large. Although the aforementioned seed layer 37 is formed by Cu, as for Cu, the corrosion in the portion of the aforementioned seed layer 37 poses [ the thickness of the aforementioned seed layer 37 ] a problem large with not so sufficient therefore corrosion resistance by the bird clapper. Moreover, if 50nm of thickness H1 of the aforementioned seed layer 37 is formed at the maximum, since the upper surface of the aforementioned lower core layer 40 is being certainly worn by the aforementioned seed layer 37, it will not have the need of thickening thickness of the aforementioned seed layer 37 more than this, either. Therefore, in this invention, we decided to set the upper limit of the thickness of the aforementioned seed layer 37 to 30nm. In addition, as for the thickness of the aforementioned seed layer 37, it is more desirable that it is 30nm or less in 5nm or more, and it is still more desirable that it is 20nm or less in 10nm or more. [0100] Moreover, as for the aforementioned seed layer 37, it is desirable to be formed with one sort or two sorts or more of non-magnetic metal material chosen from Cu, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and Os. By using these non-magnetic metal material, it becomes possible to carry out plating formation of the aforementioned seed layer 37. [0101] Moreover, the lattice constant of the seed layer 37 which consists of these non-magnetic metal material It is that from which the lattice constant of the lower core layer 40 and the lattice constant of the element nickel which constitutes the gap layer 41 differ greatly. It can prevent appropriately that the aforementioned seed layer 37 grows epitaxially on the aforementioned lower core layer 40. Therefore, epitaxial growth of the aforementioned gap layer 41 formed on the aforementioned seed layer 37 can be suppressed appropriately. It is possible to form the aforementioned gap layer 41 which more contents of the nonmagnetic element near [ which was conventionally made into the problem ] an interface than before can be incorporated [ layer ], and it can change [ layer ] into an amorphous state, and can excel [ layer ] in corrosion resistance and smooth nature, and can promote nonmagnetic-ization appropriately. [0102] Moreover, as for the aforementioned gap layer 41, in this invention, it is desirable to be formed by any one sort of nickel-P, nickel-Mo, nickel-W, nickel-P-Mo, and the nickel-P-W. [0103] It becomes possible to carry out plating formation of the aforementioned gap layer 41 by using these non-magnetic metal material. Moreover, it is possible to be able to make the aforementioned gap layer 41 nonmagnetic and to make corrosion resistance and smooth nature good further by adjusting appropriately the composition ratio of these non-magnetic metal material. [0104] Moreover, it is desirable that NiP is chosen and the content of the element P within 40nm thickness is preferably set from an interface with the aforementioned seed layer 37 below to 15 mass % within 10nm thickness as a non-magnetic metal material in this invention above 8 mass %. It is below 15 mass % more preferably above 10 mass %, and is below 15 mass % still more preferably above 11 mass %. [0105] Thereby, the aforementioned gap layer 41 within 10nm thickness is [ of having contained the element P of above-mentioned numeric-value within the limits ] amorphous from the interface with the aforementioned seed layer 37. For this reason, the corrosion resistance in the aforementioned interface and smooth nature can be raised, pervasion by the penetrant remover in a slider manufacturing process etc. can be avoided, and generating of the crack near the interface of the aforementioned gap layer 41 etc. can be suppressed like before. Moreover, since nonmagnetic-ization near [ aforementioned ] an interface can be appropriately promoted if it is the gap layer 41 containing the above-mentioned element P, it is possible to manufacture the thin film magnetic head whose gap length G1 is a

fixed size with the sufficient yield. [0106] Moreover, the content of the element P which the whole thickness of the aforementioned gap layer 41 averaged can leak [ near the gap ], and can generate a magnetic field certainly while it can be desirable that it is below 15 mass % above 11 mass %, the whole thickness of the gap layer 41 can change into the amorphous state where the element P of optimum dose was included, by this and it can raise corrosion resistance. [0107] In addition, it is as drawing 1 having explained the measuring method of the content of the aforementioned element P, and the content further measured with the aforementioned X-rays spectroscopic analyzer by wet analysis was amended using the X-rays spectroscopic analyzer, and it was made the absolute value and amended using the latus film sample of area at this time. Moreover, about the distance from the aforementioned interface, it measured using the transmission electron microscope. [0108] In drawing 4 , the coil layer 43 by which pattern formation was carried out so that it might become spiral superficially through the insulating layer 42 made from a polyimide or resist material is formed on the aforementioned gap layer 41. In addition, the aforementioned coil layer 43 is formed with nonmagnetic conductivity material with small electric resistance, such as Cu (copper). [0109] Furthermore, the aforementioned coil layer 43 is surrounded by the insulating layer 44 formed with a polyimide or resist material, and the up core layer 45 made from soft magnetic materials is formed on the insulating layer 44. [0110] As shown in drawing 4 , in the opposed face with a record medium, it counters through the gap layer 41 on the lower core layer 40, as for point 45a of the up core layer 45, the magnetic gap of gap length G11 is formed, and end face section 45b of the up core layer 45 is magnetically connected with the lower core layer 40. [0111] Moreover, although the saturation magnetic flux density Ms of the lower core layer 40 has a desirable high thing, if flux reversal of the leak magnetic field between the lower core layer 40 and the up core layer 45 is made easy to carry out by making it lower than the saturation magnetic flux density Ms of the up core layer 45, write-in density of the signal to a record medium can be made high more. [0112] Next, it explains, referring to a drawing about the manufacture method of drawing 1 or the thin film magnetic head of the same configuration as 3. [0113] In drawing 5 , application formation of the resist layer 51 is carried out on the lower core layer 20. The thickness size H3 of the aforementioned resist layer 51 must be formed more thickly than the thickness size of the magnetic pole section 24 in the completed thin film magnetic head which is shown in drawing 1 at least. [0114] Next, from an opposed face with a record medium, in the height direction (the direction of illustration Y), it is predetermined linear dimension, and slot 51a formed with a predetermined width-of-face size in the direction of the width of recording track (the direction of illustration X) is formed, and the magnetic pole section 24 is formed in slot 51a by exposure development at the resist layer 51. [0115] As shown in drawing 5 , the magnetic pole section 24 is constituted from the lower shell lower magnetic pole layer 21, a nonmagnetic seed layer 31, a gap layer 22, and an up magnetic pole layer 35, and plating formation of the plating ground layer 25 is continuously carried out for these each class as a ground. It is possible for this to attain simplification of a manufacturing process. [0116] Without carrying out plating formation of the gap layer 22 directly on the lower magnetic pole layer 21 as mentioned above Carry out plating formation of the nonmagnetic seed layer 31 first, and on it the aforementioned gap layer 22 by carrying out plating formation Epitaxial growth of nickel of the aforementioned lower magnetic pole layer 21 and the gap layer 22 which is easy to plan grid adjustment can be suppressed. The content of the nonmagnetic element near the interface of the aforementioned gap

layer 22 conventionally made into the problem can be made [ more ] than before, and near [ aforementioned ] an interface can be formed in the amorphous state. [0117] By this invention, plating formation of the aforementioned seed layer 31 is carried out here with one sort or two sorts or more of non-magnetic metal material chosen from Cu, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and Os. Since the lattice constant of these non-magnetic metal material differs from the lattice constant of nickel which constitutes the lower magnetic pole layer 21 and the gap layer 22 greatly, When plating formation of the aforementioned seed layer 31 is carried out on the lower magnetic pole layer 21, it can prevent that the aforementioned seed layer 31 grows epitaxial on the aforementioned lower magnetic pole layer 21. Therefore, it becomes possible to carry out plating formation as an amorphous state containing the nonmagnetic element of optimum dose without the gap layer 22 formed on the aforementioned seed layer 31 also growing epitaxially. [0118] Moreover, in this invention, the electroplating method using the same direct current as the former can be used for the plating method of the aforementioned gap layer 22. [0119] In this invention, since the aforementioned seed layer 31 is formed in the bottom of the gap layer 22, also by the electroplating method using the direct current, on the aforementioned seed layer 31, epitaxial growth of nickel of the aforementioned gap layer 22 is suppressed appropriately, and can make [ more ] the content of the nonmagnetic element near the interface of the aforementioned gap layer 22 conventionally made into the problem than before. [0120] However, in this invention, it can replace with the electroplating method which used the aforementioned direct current, and plating formation of the aforementioned gap layer 22 can also be carried out by the electroplating method using the pulse current. [0121] It is desirable to repeat ON/OFF in several second cycle and to set the duty ratio at that time about to 0.1 to 0.5 in this invention. For example, ON/OFF is repeated in a 0.5-second cycle. [0122] According to the electroplating method using the pulse current, time to pass current at the time of plating formation of the gap layer 22 and blank time not to pass current can be prepared as mentioned above. Thus, it is possible to compare by preparing time not passing current, when a direct current is used, and to ease the bias of a distribution of the current density at the time of plating formation. And plating formation of the aforementioned gap layer 22 can be carried out little by little. [0123] Thus, by the electroplating method using the pulse current, together with having formed the aforementioned seed layer 31, the content of the nonmagnetic element of the gap layer 22 near an interface can be more certainly made [ more ] than before by reducing the bias of a distribution of the current density at the time of plating formation, and the aforementioned gap layer 22 can be formed in the amorphous state. [0124] Moreover, in this invention, after carrying out plating formation of the aforementioned gap layer 22 to predetermined thickness using the pulse current which has predetermined current density in the beginning, you may carry out plating formation of the remaining gap layers 22 using the pulse current which has current density higher than the aforementioned predetermined current density. [0125] Together with this having formed the aforementioned seed layer 31, the content of the nonmagnetic element of the gap layer 22 near an interface can be made [ more ] still more certainly than before, and the aforementioned gap layer 22 can be formed in the amorphous state. [0126] Moreover, after carrying out plating formation of the aforementioned gap layer 22 to predetermined thickness using the pulse current which has predetermined current density, plating formation of the aforementioned remaining gap layers 22 can be quickly carried out by carrying out plating formation of the remaining gap layers 22 by the pulse current which has

current density higher than the aforementioned predetermined current density, and it becomes possible to form plating formation of the aforementioned gap layer 22 for a short time. [0127] Moreover, in this invention, the aforementioned predetermined current density is made into two or less 3.0 mA/cm by two or more 1.5 mA/cm, and plating formation of the aforementioned gap layer 22 is carried out to the first 10nm thickness using the pulse current which has this current density, or plating formation of the aforementioned gap layer 22 is carried out to the first 40nm thickness. At this time, plating formation time is about 7 - 15 minutes. Moreover, the duty ratio of ON/OFF is for example, a 0.5-second cycle. [0128] Moreover, in this invention, by the pulse current which has the aforementioned current density, after carrying out plating growth of the aforementioned gap layer 22 to 10nm or 40nm, plating formation of the aforementioned remaining gap layers 22 is carried out at two or more 8.5 mA/cm using the pulse current which has two or less 11.0 mA/cm current density. The plating formation of the aforementioned remaining gap layers 22 can be carried out quickly by this, and shortening of the plating formation time of the aforementioned gap layer 22 can be attained. In addition, although plating formation time changes with sizes of thickness to obtain finally, it is about 8 minutes, for example from 7 minutes. Moreover, the duty ratio of ON/OFF is for example, a 0.5-second cycle. [0129] By the electroplating method by the above-mentioned direct current, or the electroplating method using the pulse current When the gap layer which consists of NiP is formed on a seed layer, the content of P from an interface with the aforementioned seed layer to 10nm is made to below 15 mass % above 8 mass %. The content of the element P in the thickness from the aforementioned interface to 40nm is made to below 15 mass % above 8 mass %. moreover, more preferably The content of the aforementioned element P can be carried out for the content of the aforementioned element P to below 15 mass % still more preferably below at 15 mass % above 11 mass % above 10 mass %. [0130] Moreover, by this invention, the content of the element P which the whole thickness of the aforementioned gap layer averaged can be made below into 15 mass % above 11 mass %. [0131] In addition, in this invention, it is not limited to forming the aforementioned gap layer 22 by nickel-P. It is possible to carry out plating formation of the aforementioned gap layer 22 by any one sort of nickel-Mo, nickel-W, nickel-P-Mo, and the nickel-P-W in addition to nickel-P. Also by this case, after carrying out plating formation of the seed layer 31 on the lower magnetic pole layer 21, by forming the gap layer 22 on the aforementioned seed layer 31 Optimum dose \*\*\*\*\* and the aforementioned gap layer 22 can be changed into an amorphous state for Element W, Elements P and Mo, or Elements P and W near an interface of the aforementioned gap layer 22, and the corrosion resistance of the aforementioned gap layer 22 and smooth nature can be raised, and nonmagnetic-ization can be promoted. [0132] In addition, in case plating formation of each magnetic layer, such as the lower core layer 20, the lower magnetic pole layer 21, the up magnetic pole layer 35, and the up core layer 26, is carried out, you may use the electroplating method using the above-mentioned pulse current. While big and rough-ization of crystal grain is suppressed by this, the upper surface of each aforementioned magnetic layer is made more into a smooth side. Therefore, the saturation magnetic flux density of each aforementioned magnetic layer can be raised. moreover, the aforementioned lower magnetic pole layer 21 top - - suitable -- the seed layer 31 -- a wrap -- it is specified quantity \*\*\*\* about a nonmagnetic element, without making things and nickel growing the gap layer 22 epitaxially on the aforementioned seed layer 31 -- plating formation can be easily carried out in the amorphous



state [0133] In addition, it is carrying out plating formation of the lower core layer 20, the lower magnetic pole layer 21, the seed layer 31, the gap layer 22, the up magnetic pole layer 35, and the up core layer 26 by the electroplating method using the pulse current as the desirable manufacture method altogether. [0134] In addition, the film composition of the magnetic pole section 24 formed in slot 51a shown in drawing 5 is not restricted to the above-mentioned laminated structure. That is, the magnetic pole section 24 may be the laminated structure of the seed layer 31, the gap layer 22, and the up magnetic pole layer 35. [0135] Next, in drawing 5, the aforementioned resist layer 51 is removed, a new resist layer is formed, it raises in this resist layer, and extracts for layer 36 formation, and a pattern is formed. And it raises in the aforementioned omission pattern and a layer 36 is formed (refer to drawing 6). [0136] next -- the process shown in drawing 7 -- the lower core layer from the magnetic pole section 24 -- 20 top, it raises further, it applies in the height direction from a layer 36, and spatter formation of the insulating ground layer 28 formed by the insulating material is carried out [0137] And as shown in drawing 7, pattern formation of the coil layer 29 is spirally carried out on the insulating ground layer 28. [0138] Next, at the process shown in drawing 8, it is a wrap by the insulating layer 30 about the coil layer 29 top. At this time, it reaches on the magnetic pole section 24, and raises, and a layer 36 top is also covered by the insulating layer 30. [0139] In addition, with the gestalt of this operation, spatter formation of the insulating layer 30 is carried out by inorganic material. It is desirable to choose one sort or two sorts or more as the aforementioned inorganic material from aluminum  $2O_3$  and among  $SiN$  and  $SiO_2$ . [0140] And as shown in drawing 8, the front face of an insulating layer 30 is ground using CMP technology etc., and it deletes on the B-B line which the front face of the magnetic pole section 24 exposes. Drawing 9 shows the state. [0141] Moreover, by the above-mentioned CMP method, by plane-of-composition 24a of the magnetic pole section 24, and the coplanar, flattening of the front face of an insulating layer 30 is carried out, and it is formed. [0142] Next, as shown in drawing 10, pattern formation of the 2nd coil layer 33 is spirally carried out on an insulating layer 30. The layer [ 1st ] coil layer 29 and the 2nd coil layer 33 are electrically connected through each volume core. Furthermore, the 2nd coil layer 33 is covered by the insulating layer 32 formed by organic insulating materials, such as a resist and a polyimide, and pattern formation of the up core layer 26 is carried out by the existing methods, such as frame plating, on an insulating layer 32. [0143] As shown in drawing 10, the up core layer 26 was formed in contact with the magnetic pole section 24 top in the point 26a, and was formed on the lower core layer 20 in end face section 26b, is raised, on a layer 36, touches magnetically and is formed. [0144] [Example] In this invention, after forming as an example the seed layer formed by Cu on the lower magnetic pole layer, plating formation of the gap layer was carried out on the aforementioned seed layer, plating formation of the gap layer was directly carried out on the lower magnetic pole layer as an example of comparison, and the transmission electron microscope (transverse electromagnetic) investigated the surface state of each gap layer. [0145] In the example, plating formation of the NiFe alloy which serves as the lower magnetic pole layer 21 as the lowest layer was carried out by the electroplating method using the pulse current. Fe was 70 mass % and the remainder of the composition ratio of Above NiFe was nickel mass %. In addition, plating formation of the aforementioned lower magnetic pole layer was carried out using the 4000mA pulse current. [0146] Next, plating formation of the seed layer which turns into the aforementioned lower magnetic pole layer 21 from Cu was carried out by the

electroplating method using the 70mA direct current. Moreover, the aforementioned seed layer was formed in general within the limits of 20nm - 30nm. [0147] And plating formation of the gap layer which consists of NiP on the aforementioned seed layer was carried out by the electroplating method using the 70mA direct current. In addition, for the nickel sulfate, 100 g/l and the nickel chloride were [ 30 g/l and the phosphorous acid hydrogen sodium of plating bath composition ] 30 g/l. [0148] Next, plating formation of the up magnetic pole layer which consists of NiFe on the aforementioned gap layer was carried out by the electroplating method using the 4000mA pulse current. Fe was 70 mass % and the remainder of NiFe composition of the aforementioned up magnetic pole layer was mass [ of nickel ] %. [0149] Next, in the example of comparison, plating formation of the lower magnetic pole layer of NiFe used as the lowest layer was carried out by the electroplating method using the 4000mA pulse current. Fe was 70 mass % and the remainder of NiFe composition of the aforementioned lower magnetic pole layer was mass [ of nickel ] %. [0150] Next, plating formation of the gap layer which turns into the aforementioned lower magnetic pole layer from NiP was carried out by the electroplating method using the 70mA direct current. In addition, the plating bath composition at this time is the same as the time of the above-mentioned example. Furthermore, plating formation of the up magnetic pole layer which consists of NiFe was carried out by the electroplating method using 4000mA pulse voltaism on the aforementioned gap layer. [0151] The photograph which took the photograph taken with the transmission electron microscope of an example with the transmission electron microscope of the example of comparison for the \*\* type view to drawing 11 again at drawing 12 is shown in drawing 13 . [0152] In the example shown in drawing 11 and drawing 12 , smoothing of the interface by the side of the lower magnetic pole layer of the aforementioned gap layer (inferior surface of tongue) is carried out, and it turns out that there is no spot which is looked at by an up magnetic pole layer and the lower magnetic pole layer and which becomes blackish at the aforementioned gap layer. The spot which is looked at by the aforementioned up magnetic pole layer and the lower magnetic pole layer and which becomes blackish is a crystal. That is, in the example, it can be admitted that there is no portion crystallized by the aforementioned gap layer, and it is in an amorphous state on the whole. [0153] Moreover, as drawing 11 and drawing 12 are seen and understood, the seed layer which consists of Cu formed in the bottom of the aforementioned gap layer is a crystal phase like a lower magnetic pole layer. However, the interface of the aforementioned seed layer and a lower magnetic pole layer can be boiled comparatively, and can be grasped clearly. The aforementioned seed layer does not carry out grid adjustment of this with the aforementioned lower magnetic pole layer, but the aforementioned seed layer means not growing epitaxially on the aforementioned lower magnetic pole layer. [0154] Although plating formation of the aforementioned gap layer is carried out by the electroplating method using the direct current like the example of comparison in the example, the aforementioned lower magnetic pole layer and the seed layer which does not aim at grid adjustment can be prepared, the grid adjustment between the aforementioned gap layer and a lower magnetic pole layer can be cut off by carrying out plating formation of the gap layer on it, and it becomes possible to form the aforementioned gap layer as a suitable amorphous phase. [0155] On the other hand, in the case of the example of comparison, the interface of the aforementioned lower magnetic pole layer and a gap layer has severe \*\*\*\*\*, and the spot which becomes blackish is looked at by the aforementioned gap layer near [ aforementioned ] an interface. It is admitted that this is the

portion which the element nickel which constitutes the aforementioned gap layer grew in epitaxial, and crystallized. [0156] As mentioned above, when plating formation of the gap layer is carried out on a seed layer, it turns out that near the interface by the side of the lower magnetic pole layer of a gap layer can be appropriately formed at an amorphous state compared with the case where plating formation of the gap layer is carried out directly, on a lower magnetic pole layer like before, and nickel crystallization can be suppressed. [0157] Next, in this invention, it investigated using the film composition of the example which carried out plating formation of the gap layer by the direct current, and the film composition of the example of comparison which carried out plating formation of the gap layer by the direct current directly on the lower magnetic pole layer about the relation between the distance from the interface by the side of the lower magnetic pole layer of the aforementioned gap layer (undersurface), and the content of Element P on the above-mentioned seed layer. About the distance from the aforementioned interface, it measured using the transmission electron microscope, and carried out about the content of Element P using the X-rays spectroscopic analyzer (it amends by wet analysis). The experimental result is shown in drawing 14 . in addition -- the aforementioned transmission electron microscope -- the JEOL Co., Ltd. make -- JEM2010F were used and VANTAGE by the no run company was used for the X-rays spectroscopic analyzer [0158] As shown in drawing 14 , in the example of comparison, it turns out from an interface to about 2.5nm that the content of Element P is below 8 mass % very low. On the other hand, the content of Element P is more than 12 mass %, and is [ in / the aforementioned interface to 10nm any / at an example ] the same also within 40nm thickness from the aforementioned interface. Thus, in the example, it turns out that the content of the element P in an interface can be made [ many ] [ the example of comparison / especially ]. [0159] Moreover, if about 2.5nm is exceeded from an interface in the case of the example of comparison, although the content of Element P will exceed 8 mass %, as shown in a graph, the upper limit is at most 12 mass %, and it does not divide and come out and it turns out with a sharp change of the aforementioned content that the content of the aforementioned element P is kept so constant that it becomes deep from an interface. [0160] In the case of an example, regardless of the depth from an interface, it turns out to it that the content of the aforementioned element P is maintained at simultaneously regularity. In addition, in this example, the content of the averaged element P in the whole thickness is about 13 mass %, and, as for the content of the aforementioned element P, it is desirable in this invention to be settled within 15 mass % on the average above 11 mass %. If it is this within the limits, while being able to raise the corrosion resistance of the aforementioned whole gap layer, it is possible to promote nonmagnetic-ization. [0161] By the way, like the example of comparison, if Element P is extremely small especially near the interface, as seen to drawing 13 , crystallization of Element nickel promotes, corrosion resistance is falling, and it is eaten away by neutrality, the penetrant remover of an alkali solution, etc., and has come to burn in this portion. Moreover, near [ aforementioned ] an interface, it is tintured with magnetism because there are extremely many contents of Element nickel, and it is thought that near [ aforementioned ] an interface is not functioning as a gap layer substantially. [0162] On the other hand, in the case of an example, in the aforementioned interface to 10nm thickness, preferably, either of 40nm thickness can promote amorphous-ization near [ aforementioned ] an interface, as more than 8 mass % can be secured and it was seen to drawing 12 , and Element P can raise corrosion resistance. Moreover, nonmagnetic-ization by

the aforementioned interface can be appropriately promoted by securing Element P more than 8 mass %. Although it was an upper limit here, in this invention, it set up below 15 mass %. It originates in the content in NiP by which plating formation was carried out not exceeding 15 mass %, even if this increases the amount of element P under plating bath. Moreover, as a desirable range, it is below 15 mass % above 10 mass %, and carried out to below 15 mass % as a more desirable range above 11 mass %. The corrosion resistance near the interface of a gap layer and nonmagnetic-ization can be more appropriately promoted by this. In addition, it turns out that the above-mentioned desirable range and the more desirable range are filled with the example shown in drawing 14 . [0163] [Effect of the Invention] By according to this invention explained to the detail above, a nonmagnetic seed layer being formed on a lower magnetic pole layer (or lower core layer), and forming the gap layer which made nickel the principal component on this seed layer Since the aforementioned gap layer can suppress crystallization by epitaxial growth of the element nickel near the interface (undersurface) of the aforementioned gap layer which could avoid touching directly at the aforementioned lower magnetic pole layer top, therefore was conventionally made into the problem Many nonmagnetic elements near an interface can be incorporated conventionally, and it can change into an amorphous state. Therefore, the corrosion resistance of the aforementioned gap layer near an interface can be raised, and even if neutrality and an alkali solution \*\*, pervasion of the aforementioned gap layer can be prevented appropriately. [0164] Moreover, nonmagnetic-ization near an interface can be promoted by the ability of the proper quantity reservation of the content of the aforementioned element P to be carried out. [0165] Therefore, in this invention, it excels in a recording characteristic and the thin film magnetic head which moreover has a fixed recording characteristic can be manufactured with the sufficient yield.

## CLAIMS

[Claim(s)] [Claim 1] Lower core layer. The thin film magnetic head which has a gap layer between up core layers, or a lower core layer. The magnetic pole section formed on the aforementioned lower core layer in order of the lower magnetic pole layer, the gap layer, and the up magnetic pole layer, or the magnetic pole section formed in order of the gap layer and the up magnetic pole layer on the aforementioned lower core layer. The up core layer formed on the aforementioned up magnetic pole layer. It is the thin film magnetic head equipped with the above, and is characterized by forming the aforementioned gap layer on the nonmagnetic seed layer formed on the aforementioned lower core layer or the lower magnetic pole layer, and forming the aforementioned gap layer with the non-magnetic metal material which made nickel the principal component. [Claim 2] The thickness of the aforementioned seed layer is the thin film magnetic head according to claim 1 which is 50nm or less in 3nm or more. [Claim 3] The thickness of the aforementioned seed layer is the thin film magnetic head according to claim 2 which is 30nm or less in 5nm or more. [Claim 4] The thickness of the aforementioned seed layer is the thin film magnetic head according to claim 3 which is 20nm or less in 10nm or more. [Claim 5] The aforementioned seed layer is the thin film magnetic head according to claim 1 to 4 formed with the non-magnetic metal material which does not contain a magnetic element. [Claim 6] The aforementioned seed layer is the thin film magnetic head according to claim 5 formed with one sort or two sorts or more of non-magnetic metal material chosen from

Cu, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and Os. [Claim 7] The aforementioned gap layer is nickel-P, nickel-Mo, nickel-W, nickel-P-Mo, and the thin film magnetic head according to claim 1 to 6 formed by any one sort of the nickel-P-W. [Claim 8] The aforementioned gap layer is the thin film magnetic head according to claim 7 whose content of P from an interface with the aforementioned seed layer to 10nm it is formed by NiP and is below 15 mass % above 8 mass %. [Claim 9] The thin film magnetic head according to claim 8 whose content of the element P in the thickness from the aforementioned interface to 40nm is below 15 mass % above 8 mass %. [Claim 10] The content of the aforementioned element P is the thin film magnetic head according to claim 8 or 9 which is below 15 mass % above 10 mass %. [Claim 11] The content of the aforementioned element P is the thin film magnetic head according to claim 8 or 9 which is below 15 mass % above 11 mass %. [Claim 12] The content of the element P which the whole thickness of the aforementioned gap layer averaged is the thin film magnetic head according to claim 8 to 11 which is below 15 mass % above 11 mass %. [Claim 13] The manufacture method of the thin film magnetic head of having the lower core layer made from a magnetic material characterized by providing the following, and the up core layer made from a magnetic material which counters through a gap layer on the aforementioned lower core layer by the opposed face with a record medium. (a) The process which carries out plating formation of the aforementioned lower core layer. (b) The process which carries out plating formation of the seed layer formed on this lower magnetic pole layer with one sort or two sorts or more of non-magnetic metal material chosen from Cu, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and Os after carrying out plating formation of the lower magnetic pole layer on the aforementioned lower core layer at the direct or aforementioned lower core layer top. (c) The process which carries out plating formation of the nonmagnetic gap layer which made nickel the principal component on the aforementioned seed layer. (d) The process which carries out plating formation of the up core layer through an up magnetic pole layer directly on the aforementioned gap layer. [Claim 14] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 13 which carries out plating formation of the aforementioned seed layer by thickness 50nm or less by 3nm or more in the aforementioned (b) process. [Claim 15] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 14 which carries out plating formation of the aforementioned seed layer by 30nm or less by 5nm or more. [Claim 16] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 15 which carries out plating formation of the aforementioned seed layer by 20nm or less by 10nm or more. [Claim 17] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 13 to 16 which carries out plating formation of the aforementioned gap layer by any one sort of nickel-P, nickel-Mo, nickel-W, nickel-P-Mo, and the nickel-P-W.

[Translation done.]